



TUGAS AKHIR - SS 141501

# **PENGENDALIAN KUALITAS TEPUNG TERIGU “PALAPA” DENGAN PENDEKATAN *SIX SIGMA* DI PT. PIONEER FLOUR MILL INDUSTRIES**

IDA NURUL QOMARIYAH  
NRP 1313 105 031

Dosen Pembimbing  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Program Studi S1 Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SS 141501

# **QUALITY CONTROL OF PRODUCT "PALAPA FLOUR " WITH SIX SIGMA APPROACH IN PT. PIONEER FLOUR MILL INDUSTRIES**

IDA NURUL QOMARIYAH  
NRP 1313 105 031

Supervisor  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.

Undergraduate Programme of Statistics  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

# LEMBAR PENGESAHAN

## PENGENDALIAN KUALITAS TEPUNG TERIGU "PALAPA" DENGAN PENDEKATAN *SIX SIGMA* DI PT. PIONEER FLOUR MILL INDUSTRIES

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana  
pada


Program Studi S1 Jurusan Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**IDA NURUL QOMARIYAH**  
NRP. 1313 105 031

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT  
NIP. 19610311 198701 2 001

()

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

  
Dr. Muhammad Mashuri, MT  
NIP. 19620408 198701 1 001

**SURABAYA, JULI 2015**

# **PENGENDALIAN KUALITAS TEPUNG TERIGU “PALAPA” DENGAN PENDEKATAN SIX SIGMA DI PT. PIONEER FLOUR MILL INDUSTRIES**

**Nama Mahasiswa : Ida Nurul Qomariyah**  
**NRP : 1313 105 031**  
**Program Studi : Sarjana**  
**Jurusan : Statistika FMIPA-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni R. MT.**

## ***Abstrak***

*Persaingan di dunia industri kini semakin ketat dalam merebut pangsa pasar dan kebutuhan yang dapat memuaskan konsumen. Upaya yang dilakukan PT. Pioneer Flour Mill Industries dalam meningkatkan kualitas produk sangat diperhatikan terutama produk tepung terigu “Palapa”, sehingga pengontrolan kualitas yang dilakukan haruslah selektif. Produksi tepung terigu “Palapa” pada bulan Desember 2014 menunjukkan bahwa level sigma yang dihasilkan sebesar  $2,05\sigma$ . Hal ini menjadi permasalahan bagi perusahaan karena level sigma dianggap masih rendah. Perusahaan ingin mengetahui bagaimana peningkatan level six sigma serta pergeseran proses produksi pada fase 1 dan fase 2 di periode selanjutnya. Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan penelitian pengendalian kualitas terhadap tepung terigu “Palapa” menggunakan peta kendali generalized variance dan  $T^2$  Hotelling dengan pendekatan six sigma. Tujuannya yaitu ingin meningkatkan level sigma dan mengetahui pergeseran proses pada fase 1 dan fase 2, dimana variabel yang digunakan yaitu moisture, ash dan gluten. Data pengamatan yang dikumpulkan untuk fase 1 adalah hasil proses produksi pada bulan Januari - Maret 2015 dan fase 2 pada periode April - Mei 2015. Kesimpulan yang dihasilkan yaitu pada proses produksi fase 1 memiliki nilai level sigma sebesar  $3,97\sigma$  lebih besar dari nilai level sigma pada fase 2 yaitu  $3,02\sigma$ , dikarenakan adanya kobocoran pada mesin shifter, artinya proses produksi pada fase 1 menghasilkan DPMO lebih kecil yaitu sebesar 6.870 kegagalan persatujuta kesempatan dibandingkan DPMO pada fase 2 yaitu menghasilkan 314.915 kegagalan persatujuta kesempatan.*

***Kata kunci : Ash, Generalized variance, Gluten, Moisture, Six sigma, Tepung terigu,  $T^2$  Hotelling.***

# **QUALITY CONTROL OF PRODUCT "PALAPA FLOUR " WITH SIX SIGMA APPROACH IN PT. PIONEER FLOUR MILL INDUSTRIES**

**Name of Student** : Ida Nurul Qomariyah  
**NRP** : 1313 105 031  
**Study Program** : Sarjana  
**Department** : Statistics FMIPA-ITS  
**Supervisor** : Dra. Sri Mumpuni  
Retnaningsih, MT.

## **Abstract**

*Competition in industrial is tightly fight for market share and satisfy consumers. Efforts made by PT. Pioneer Flour Mill Industries in improving product quality are concerned mainly wheat flour products "Palapa", so that the quality control and need to be selective. Production of wheat flour "Palapa" in December 2014 shows that the sigma level generated by  $2,05\sigma$ . This becomes problem for the company because the sigma level is low. Companies want to know how to increase the level of six sigma and shifting production processes in phase 1 and phase 2 for next period. In this final project will be carried out research on the quality control of the wheat flour "Palapa" using the control chart generalized variance and  $T^2$  Hotelling with six sigma approach. the objective being wants to increase the level of sigma and knowing shifting process in phase 1 and phase 2. The variables used are moisture, ash and gluten period January - March 2015 in phase 1 and the periods April - May 2015 in phase 2. The result that the Phase 1 production process has a value of  $3,97\sigma$  sigma level is greater than the value of the phase 2 sigma level is  $3,02\sigma$ , due to leaks on the engine shifter, meaning that the production process in phase 1 resulted in smaller DPMO is equal to 6,870 compared chance of failure per one million, DPMO on phase 2 which produces 314 915 per one million chance of failure.*

**Keywords:** *Ash, Flour, Generalized variance, Gluten, Moisture, Six sigma,  $T^2$  Hotelling.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji hanyalah untuk Allah, Tuhan semesta alam atas segala rahmat, nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul:

### **“Pengendalian Kualitas Tepung Terigu “Palapa” Dengan Pendekatan Six Sigma“**

Selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis telah menerima banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh Karena itu dengan penuh hormat, ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT. selaku Dosen Pembimbing yang sangat sabar dan perhatian dalam memberikan arahan, masukan serta bimbingan kepada penulis selama mengerjakan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS.
3. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT. Selaku Ketua Program Studi Sarjana dan selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan dan masukan untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir.
4. Ibu Diaz Fitra Aksioma S.Si M.Si dan selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan dan masukan untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir penulis.
5. Bapak Dr. Sony Sunaryo, MS. Selaku Kepala bidang laboratorium Industri.
6. Ibu Dr. Santi Puteri Rahayu S.Si. M.Si selaku Dosen Wali yang telah membimbing penulis mulai awal perkuliahan.
7. Segenap Dosen dan Karyawan Jurusan Statistika yang telah banyak membantu penulis selama kuliah di D-III Statistika ITS.
8. Pihak PT. *Pioneer Flour Mill Industry*, khususnya Bapak Hersukma Catur, Bapak Balya Rosyid dan Bapak Alvin

Rizqillah yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam proses pengamatan produk.

9. Orang Tua (Bapak dan Ibu) yang telah mendidik, memotivasi, dan memberikan doa yang tulus dan ikhlas.
10. Keluarga besar tercinta, Mas Husnul, Mas Muhaimin, Mbak Nabawiyah, Mbak Vivi, Adek Dewi, Farah, Fairuz, Fahri, Khusnul dan Rizqiyatul, terimakasih atas dukungan dan motivasinya selama ini.
11. Teman-Teman yang senasib, seperjuangan Tugas Akhir (Fitria, Erna, Novil, Silviah, Javellin dan Fitrah) terima kasih atas kebersamaannya selama ini, baik suka maupun duka.
12. Sahabat-sahabat terbaik Fitri, Dayah, Atik, Erna, Fitria, Novil, Vellin, Silvi, Arinda, Meita, Alma, Evi, Tanti, Wardah, Mirna, Diyah, Woro. Terimakasih telah menjadi bagian cerita indah kehidupan penulis. Sukses untuk kita semua.
13. Aminullah, Terimakasih atas dukungan, masukan dan cerita yang tak berwujud selama ini.
14. Rekan-rekan Lintas Jalur Statistika 2013 atas segala dukungan dan kebersamaan yang telah menemani selama masa perkuliahan.
15. Teman-teman Statistika ITS dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu atas segala bantuan, dukungan, dan doa yang telah memberi makna dan kenangan dalam hidup.

Dengan selesainya laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari sempurna. Maka saran serta kritik yang sangat diharapkan. Semoga laporan ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak, khususnya bagi PT. Flour Mill Industries sebagai masukan dalam peningkatan kualitas Produk Tepung Terigu “Palapa”.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Statistika Deskriptif .....	5
2.2 Analisis Multivariat .....	5
2.3 Pengendalian Kualitas Statistika .....	10
2.4 Peta Kendali .....	10
2.5 Kapabilitas Proses .....	14
2.6 Diagram <i>Ishikawa</i> .....	16
2.7 <i>Six Sigma</i> .....	17
2.8 Metodologi Peningkatan <i>Six Sigma</i> .....	18
2.9 Proses Produksi Tepung Terigu “Palapa” .....	19
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tahap <i>Define</i> .....	21
3.2 Tahap <i>Measure</i> .....	21
3.3 Tahap <i>Analyze</i> .....	23



BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Statistika Pada Fase 1 .....	27
4.1.1 Deskripsi Data.....	27
4.1.2 Uji Dependensi variabel.....	28
4.1.3 Pengecekan Distribusi Normal Multivariat .....	28
4.1.4 Uji Homogenitas Matrik Varian Kovarian .....	29
4.1.5 Peta Kendali Multivariat .....	29
4.2 Analisis Statistika Pada Fase 2 .....	33
4.2.1 Deskripsi Data.....	33
4.2.2 Uji Dependensi variabel.....	33
4.2.3 Pengecekan Distribusi Normal Multivariat .....	34
4.2.4 Uji Homogenitas Matrik Varian Kovarian .....	34
4.2.5 Peta Kendali Multivariat .....	35
4.3 Uji Perbandingan Proses Fase 1 dan Fase 2 .....	38
4.4 Diagram <i>Ishikawa</i> .....	39
4.5 Kapabilitas Proses.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN .....	47

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Struktur Data Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> .....	12
Tabel 2.2 Struktur Data Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> .....	18
Tabel 4.2 Deskripsi Data Pada Fase1.....	27
Tabel 4.3 Penyebab <i>Out Of Control</i> Pada Fase 1.....	32
Tabel 4.4 Deskripsi Data Pada Fase 2.....	33
Tabel 4.5 Penyebab <i>Out Of Control</i> Pada Fase 2.....	37
Tabel 4.6 Indeks Kapabilitas Proses Sacara Multivariat.....	41
Tabel 4.7 Nilai <i>Sigma</i> dan DPMO .....	42

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram <i>Ishikawa</i> .....	17
Gambar 2.2 <i>Operation Process Chart (OPC) Manufacturer</i> PT. Pioneer Flour Mill Industries .....	20
Gambar 3.3 <i>Flow Chart Six Sigma</i> .....	25
Gambar 3.4 Lanjutan <i>Flow Chart Six Sigma</i> .....	26
Gambar 4.1 <i>Chi-square Plot</i> Pada Fase 1.....	29
Gambar 4.2 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Fase 1 .....	30
Gambar 4.3 Revisi 1 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Fase 1 .....	30
Gambar 4.4 Revisi 2 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Fase 1 .....	31
Gambar 4.5 Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> Fase 1 .....	31
Gambar 4.6 Revisi Pada Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> Fase 1 ....	32
Gambar 4.7 <i>Chi-square Plot</i> Pada Fase 2.....	34
Gambar 4.8 Peta Kendali <i>Generalized variance</i> Fase 2.....	35
Gambar 4.9 Revisi 1 Peta Kendali <i>Generalized variance</i> Fase 2.....	36
Gambar 4.10 Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> Fase 2.....	36
Gambar 4.11 Revisi 1 Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> Fase 2.....	37
Gambar 4.12 Revisi 2 Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> Fase 2.....	38
Gambar 4.13 Diagram <i>Ishikawa</i> Pada Variabel <i>Moisture</i> .....	39
Gambar 4.14 Diagram <i>Ishikawa</i> Pada Variabel <i>Ash</i> .....	40
Gambar 4.15 Diagram <i>Ishikawa</i> Pada Variabel <i>Gluten</i> .....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A	Data Hasil Uji Laboratorium Produk Tepung Terigu “Palapa” Fase 1 (Periode 5 Januari-11 Maret 2015).....47
Lampiran B	Data Hasil Uji Laboratorium Produk Tepung Terigu “Palapa” Fase 2 (Periode 16 Maret-20 Mei 2015).....52
Lampiran C	<i>Output SPSS Uji Bartlett</i> .....55
Lampiran D	<i>Output Minitab Uji Distribusi Normal</i> .....56
Lampiran E	<i>Output Minitab Uji Distribusi Normal Multivariat Fase 2</i> .....59
Lampiran F	<i>Output SPSS Homogentitas Matrik Varian Kovarian</i> .....61
Lampiran G	<i>Output Minitab Nilai K Pada Kapabilitas Proses Multivariat Fase1</i> .....62
Lampiran H	<i>Output Minitab Nilai K Pada Kapabilitas Proses Multivariat Fase2</i> .....66
Lampiran I	<i>Output Minitab Nilai s Pada Kapabilitas Proses Multivariat Fase1</i> .....69
Lampiran J	<i>Output Minitab Nilai s Pada Kapabilitas Proses Multivariat Fase2</i> .....73
Lampiran K	<i>Macro Minitab Uji Distribusi Normal Multivariat</i> .....76
Lampiran L	<i>Macro Minitab Nilai K untuk Kapabilitas Proses</i> .....77
Lampiran M	<i>Macro Minitab Nilai s untuk Kapabilitas Proses</i> .....78
Lampiran N	<i>Ouput SPSS MANOVA Dan Box’s M Test</i> .....80
Lampiran O	Konversi <i>Sigma</i> ke DPMO .....81

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Era globalisasi membuat dunia industri melaju dengan cukup cepat, sebagai akibatnya persainganpun semakin tajam. Dunia bisnis sebagai salah satu bagiannya juga mengalami hal yang sama, perusahaan-perusahaan yang dahulu bersaing hanya pada tingkat lokal atau regional kini harus bersaing dengan perusahaan dari seluruh dunia, hanya perusahaan yang mampu menghasilkan barang atau jasa berkualitas kelas dunia yang dapat bersaing dalam pasar global.

Kualitas merupakan hal yang sangat dipertimbangkan bagi konsumen untuk memilih produk yang mereka inginkan. Proses yang baik akan menghasilkan kualitas produk yang baik pula, oleh karena itu dibutuhkan suatu strategi yang mampu menjaga kestabilan suatu proses dengan tujuan untuk meminimalisasi produk cacat, salah satunya melakukan pengendalian kualitas.

PT. Pioneer Flour Mill Industries merupakan sebuah perusahaan *manufactur* yang memproduksi tepung terigu berbahan dasar gandum. salah satunya tepung terigu “Palapa”. Tepung terigu “Palapa” adalah tepung terigu serbaguna terbuat dari gandum jenis *soft wheat* dengan kandungan protein relatif rendah berkisar antara 8-10%, biasanya digunakan oleh industri-industri yang memproduksi biskuit dan *cookies*.

Mengingat banyaknya persaingan produk dari beberapa perusahaan sejenis, PT. Pioneer Flour Mill Industries selalu berusaha untuk meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkannya. Selama ini, proses *quality control* yang diterapkan pada perusahaan hanya berupa dokumentasi, tanpa analisis dan evaluasi lebih lanjut, sehingga pada penelitian ini digunakan analisis statistika untuk meningkatkan level *sigma* pada produksi tepung terigu “Palapa”. Karakteristik kualitas tepung terigu yang diukur antara lain *moisture*, *ash* dan *gluten*. Berdasarkan banyaknya karakteristik kualitas pada tepung

terigu yang diduga saling berhubungan, maka metode statistik yang digunakan untuk mengendalikan proses yaitu peta kendali *Generalized Variance* dan  $T^2$  *Hotelling* dengan pendekatan konsep *Six sigma*.

*Six sigma* merupakan salah satu metode dalam memberikan solusi peningkatan standar proses internal perusahaan, dengan tujuan untuk meminimalisasi *defect*, sehingga *trend* kegagalan produk dapat menurun tiap periodenya. Upaya peningkatan menuju target *six sigma* dapat dilakukan menggunakan dua metodologi, yaitu *six sigma* - DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dan *Design For Six Sigma* - DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*). Penerapan metode *Six sigma* secara multivariat sebelumnya pernah dilakukan oleh eko (2012) pada proses pengemasan produk semen gresik menggunakan peta kendali P-multivariat. dengan kesimpulan bahwa hasil produk pada pengemasan semen mencapai level  $3\sigma$ .

## 1.2 Rumusan masalah

Produksi tepung terigu “Palapa” pada bulan Desember 2014 menunjukkan bahwa level *sigma* yang dihasilkan sebesar  $2,05\sigma$ . Hal ini menjadi permasalahan bagi perusahaan karena level *sigma* pada produksi tepung terigu khususnya “Palapa” dianggap masih rendah. Perusahaan ingin mengetahui bagaimana peningkatan level *six sigma* serta pergeseran proses produksi pada fase 1 dan fase 2 di periode selanjutnya, karena karakteristik kualitas yang diduga saling berhubungan maka analisis yang digunakan adalah pengendalian kualitas multivariat.

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan diatas maka tujuan yang ingin diperoleh yaitu meningkatkan level *sigma* dan mengetahui pergeseran proses fase 1 dan fase 2 pada produksi tepung terigu “Palapa” di PT. Pioneer Flour Mill Industries.

#### **1.4 Manfaat**

Berdasarkan permasalahan dan tujuan yang telah dipaparkan, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah masukan/informasi perbaikan, peningkatan kualitas dan meminimumkan produk yang tidak sesuai spesifikasi pada proses produksi tepung terigu “Palapa”

#### **1.5 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini konsep metodologi yang digunakan yaitu *six sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)* dimana hanya dilakukan sampai pada tahap *Analyze*. Sedangkan periode produksi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 5 Januari – 31 Maret 2015 untuk fase 1 dan pada tanggal 1 April – 20 Mei 2015 untuk fase 2.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Statistika Deskriptif**

Statistik deskriptif merupakan metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu data sehingga memberikan informasi yang berguna. Statistika deskriptif dapat disajikan baik dalam tabel, diagram-diagram, grafik, atau besaran-besaran lainnya (Walpole, 2011).

Statistika deskriptif yang digunakan salah satunya yaitu rata-rata. Rata-rata dari data dapat diperoleh dengan menjumlahkan nilai setiap pengamatan dalam data tersebut dan kemudian membaginya dengan banyaknya data. Nilai maksimum merupakan nilai terbesar dari sebuah data, dan nilai minimum merupakan nilai terkecil dari sebuah data, sehingga Jangkauan atau *range* merupakan selisih antara nilai terbesar (maksimum) dengan nilai terkecil (minimum) dari suatu data.

#### **2.2 Analisis Multivariat**

Analisis multivariat merupakan analisis statistika yang digunakan pada pengamatan yang memiliki variabel lebih dari satu, dimana antar variabel tersebut terdapat korelasi. Teknik analisis multivariat secara dasar diklasifikasikan menjadi dua yaitu analisis dependensi dan analisis interdependensi. Analisis dependensi berfungsi untuk menerangkan atau memprediksi variabel tergantung menggunakan dua atau lebih variabel bebas, sedangkan analisis interdependensi berfungsi untuk menerangkan atau memprediksi variabel yang tidak saling tergantung menggunakan dua atau lebih variabel bebas (Johnson & Wichern, 2007). Untuk menggunakan analisis multivariat diperlukan asumsi bahwa variabel-variabel harus dependen dan berdistribusi normal multivariat.

### 2.2.1 Dependensi Variabel

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis multivariat yaitu adanya hubungan antar variabel, dimana jika variabel  $x_1, x_2, \dots, x_p$  bersifat saling bebas, maka matriks korelasi antar variabel sama dengan matriks identitas. Untuk menguji dependensi antar variabel tersebut digunakan uji *Bartlett* (Morrison, 1990). Uji *Bartlett* dapat dinyatakan dalam hipotesis sebagai berikut,

$H_0 : \mathbf{P} = \mathbf{I}$  (Matrik korelasi = Matrik Identitas)

$H_1 : \mathbf{P} \neq \mathbf{I}$  (Matrik korelasi  $\neq$  Matrik Identitas)

Statistik uji :

$$\chi^2 = - \left[ n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right] \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & & 1 \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Dimana  $n$  adalah banyaknya observasi,  $p$  adalah variabel karakteristik kualitas,  $\mathbf{R}$  adalah taksiran dari sampel yang merupakan matrik korelasi dari masing-masing variabel sedangkan  $\mathbf{P}$  adalah taksiran dari parameter, dengan  $\chi^2_{(\alpha; \frac{1}{2}p(p-1))}$

merupakan nilai distribusi *chisquare* dengan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 0,05 dan derajat bebas sebesar  $\frac{1}{2}p(p-1)$ .  $H_0$  ditolak jika  $\chi^2 > \chi^2_{(\alpha; 1/2p(p-1))}$  atau dapat disimpulkan bahwa variabel memiliki korelasi yang cukup kuat.

### 2.2.2 Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat merupakan pengembangan dari bentuk distribusi normal univariat dengan jumlah variabel lebih dari satu. Suatu pengamatan

$\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_p$  mempunyai distribusi normal multivariat dengan fungsi densitas (Johnson dan Wichern 2007).

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mu)' \Sigma^{-1} (\mathbf{x}-\mu)} \quad (2.3)$$

$$d_{jk}^2 = (\mathbf{X}_{ijk} - \bar{\mathbf{X}}_{.j})' \Sigma^{-1} (\mathbf{X}_{ijk} - \bar{\mathbf{X}}_{.j}) \quad (2.4)$$

Dimana

$$\Sigma = \begin{pmatrix} S_{.1.}^2 & S_{.12} & \cdots & S_{.1p} \\ & S_{.2.}^2 & \cdots & S_{.2p} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & S_{.p.}^2 \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

$$S_{.j.} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{.j.} - \bar{x}_{.j.}) \quad (2.6)$$

$\mathbf{X}_{ijk}$  = vektor sampel ke-i, karakteristik kualitas ke-j dan subgrup ke-k

$\bar{\mathbf{X}}_{.j.}$  = vektor rata-rata pengamatan pada karakteristik kualitas ke-p

$\Sigma^{-1}$  = *invers* matriks varian kovarian

i = 1, 2, ..., n (n adalah jumlah sampel tiap subgrup)

j = 1, 2, ..., p (p adalah jumlah karakteristik kualitas)

k = 1, 2, ..., m (m adalah jumlah subgrup)

Data dikatakan berdistribusi normal multivariat apabila terdapat lebih dari 50% nilai  $\mathbf{d}_{jk}^2 \geq X_{(p-1); 0,05}^2$ . Selain menghitung jarak kuadrat, distribusi normal multivariat dapat dilihat secara visual dengan cara membuat *Chi-square plot*. Langkah-langkah membuat *Chi-square plot* adalah sebagai berikut

1. Menghitung jarak tergeneralisasi yang dikuadratkan atau biasa disebut dengan  $\mathbf{d}_{jk}^2$  dimana  $\Sigma^{-1}$  berukuran  $p \times p$ , seperti pada persamaan 2.4.

2. Mengurutkan nilai  $d_{jk}^2$  dari yang terkecil hingga terbesar
3. Menentukan nilai  $q_i$ , dimana  $q_i = \chi^2_{\left(p, \frac{1-0,5}{n}\right)}$ . Nilai  $\chi^2_{\left(p, \frac{1-0,5}{n}\right)}$  diperoleh dari tabel distribusi  $\chi^2$
4. Membuat *scatterplot* antara  $d_{jk}^2$  dengan  $q_i$ .

*Chi-square plot* akan membentuk sebuah garis lurus jika sebaran data mengikuti distribusi normal multivariat.

### 2.2.3 Homogenitas Matriks Varian Kovarian

MANOVA (*Multivariate Analysis of Varians*) merupakan metode yang dikembangkan dari konsep dan teknik ANOVA untuk menganalisis perbedaan antara rata-rata kelompok. Matriks varian kovarian yang homogen merupakan syarat yang dibutuhkan dalam analisis MANOVA (Karson, 1982). Untuk mengetahui apakah matrik varian kovarian homogen, maka digunakan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_k ; k = 1, 2, \dots, m$  (matriks varian kovarian homogen)

$H_1 : \text{minimal ada satu koelompok yang berbeda (matriks varian kovarian tidak homogen)}$

Statistik Uji:

$$Box's M = -2(1 - c_1) \left[ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k v_i \ln |S_i| - \frac{1}{2} \ln ||S_{pool}|| \sum_{i=1}^k v_i \right] \quad (2.7)$$

Dimana

$$S_{pool} = \frac{\sum_{i=1}^k v_i S_i}{\sum_{i=1}^k v_i} \quad (2.8)$$

$$c_1 = \left[ \sum_{i=1}^k \frac{1}{v_i} - \frac{1}{\sum_{i=1}^k v_i} \right] \left[ \frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(k-1)} \right] \quad (2.9)$$

$$v_i = n_i - 1 \quad (2.10)$$

$H_0$  ditolak apabila nilai  $\chi_{hit}^2 \geq \chi_{0,05(k-1)p(p+1)}^2$  atau P-Value  $< \alpha$ , sehingga dapat diputuskan matrik varian kovarian adalah homogen

## 2.2.4 MANOVA (*Multivariate Analysis of Varians*)

Apabila diketahui dua populasi dimana variabelnya adalah multivariat maka untuk membandingkan kedua populasi tersebut digunakan MANOVA (*Multivariate Analysis of Varians*), untuk itu digunakan Statistik U atau *Wilks' Lambda* merupakan rasio antara jumlah kuadrat dalam kelompok (*within group sum of square*) dan jumlah kuadrat total (*total sum of square*). Nilainya berkisar antara 0 sampai 1. Nilai *lambda* yang besar (mendekati 1) menunjukkan bahwa rata-rata grup cenderung tidak berbeda. Sebaliknya nilai *lambda* yang kecil (mendekati 0), menunjukkan bahwa rata-rata grup berbeda. Untuk mengetahui apakah rata-rata grup cenderung tidak berbeda digunakan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k ; k = 1, 2, \dots, m$  (tidak ada perbedaan rata-rata antar kelompok)

$H_1 : \text{minimal ada satu koelompok yang berbeda}$   
Statistik Uji

$$\Lambda^* = \prod_{i=1}^p (1 + \hat{\lambda}_i)^{-1} = \frac{|\mathbf{W}|}{|\mathbf{B} + \mathbf{W}|} \quad (2.11)$$

Dimana

$$\mathbf{W} = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^p (x_{jk} - \bar{x}_k)(x_{jk} - \bar{x}_{kl})^T \quad (2.12)$$

$$\mathbf{B} = \sum_{k=1}^m n_k (\bar{x}_k - \bar{x})(\bar{x}_k - \bar{x})^T \quad (2.13)$$

$H_0$  ditolak apabila nilai  $\Lambda^* > F_{(n_1-1), (n-n_1)}$  atau nilai *P-Value*  $< \alpha$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata grup atau populasi terdapat perbedaan.

### 2.3 Pengendalian Kualitas Statistika

Pengendalian kualitas statistika didefinisikan sebagai suatu metode untuk memeriksa tingkat kualitas yang diinginkan dalam suatu produk atau proses yang telah ditentukan dan dapat digunakan sebagai standar pembandingan, apakah kualitas yang dihasilkan dari proses produksi sudah memenuhi standar yang telah ditentukan atau belum (Montgomery, 2013).

### 2.4 Peta Kendali

Peta kendali adalah bentuk grafik dari karakteristik kualitas yang telah diukur dari sampel, terdiri dari garis tengah yang merupakan nilai rata-rata karakteristik kualitas, sedangkan dua garis horizontal lainnya terdiri dari batas kendali atas dan batas kendali bawah. Selama titik-titik pengamatan terletak didalam batas kendali dan memiliki pola yang random, proses diasumsikan dalam keadaan terkendali dan tidak ada tindakan yang dilakukan, namun jika titik-titik pengamatan memiliki pola nonrandom meskipun berada didalam batas kendali, maka proses dikatakan belum terkendali, sehingga dilakukan identifikasi penyebab tidak terkendalnya proses, dengan cara mencari dan menghilangkan penyebab yang diketahui ataupun tidak. (Montgomery, 2013)

#### 2.4.1 Peta Kendali Variabel

Suatu produk yang memiliki karakteristik kualitas berupa dimensi, berat atau volume, maka karakteristik kualitas dari produk tersebut adalah variabel. jika suatu produk

karakteristik kualitasnya variabel, biasanya perlu untuk memantau baik nilai *mean* dari karakteristik kualitas maupun variabilitasnya. Hal ini penting untuk mempertahankan kontrol atas proses *mean* dan variabilitas proses (Montgomery, 2013)

#### 2.4.2 Peta Kendali $T^2$ Hotelling

Peta kendali  $T^2$  Hotelling merupakan suatu metode pengendalian kualitas proses atau produksi secara multivariat. Metode ini digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses karakteristik kualitasnya lebih dari satu dan diduga saling berhubungan (Montgomery, 2013). Struktur data peta  $T^2$  Hotelling ditunjukkan pada Tabel 2.1

Apabila  $\mu$  dan  $\Sigma$  tidak diketahui, maka perlu untuk mengestimasi  $\mu$  dan  $\Sigma$  dari sampel berukuran  $n$ , dengan asumsi proses sudah terkendali seperti yang ditampilkan pada persamaan berikut.

$$\bar{X}_{.jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ijk} \quad (2.14)$$

$$S_{.jk} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ijk} - \bar{x}_{.jk})^2 \quad (2.15)$$

$X_{ijk}$  adalah pengamatan ke- $i$  pada karakteristik kualitas ke- $j$  pada subgrup ke- $k$ , sehingga matrik varian kovarian  $S$  dari rata-rata sampel berukuran  $p \times p$  dapat dibentuk seperti pada persamaan (2.5). Rata-rata dari sampel matrik kovarian  $S$  adalah penduga  $\Sigma$  yang tidak bias ketika prosesnya terkendali. Matrik kovarian  $S$  digunakan untuk mengestimasi  $\Sigma$  dan vektor  $\bar{\bar{X}}_{.j}$  digunakan sebagai nilai vektor rata-rata proses yang terkendali, jika menaksir  $\mu$  dari  $\bar{\bar{X}}_{.j}$  dan  $\Sigma$  dengan  $S$ , statistik uji pada peta kendali  $T^2$  Hotelling menjadi

$$T^2 = n \left( \bar{X}_{ij.} - \bar{\bar{X}}_{.j.} \right)^T S^{-1} \left( \bar{X}_{ij.} - \bar{\bar{X}}_{.j.} \right) \quad (2.16)$$

**Tabel 2.1** Struktur Data Peta Kendali  $T^2$  Hotelling

Subgrup (k)	Sampel tiap subgrup	Karakteristik Kualitas (j)				
		$X_1$	...	$X_j$	...	$X_p$
1	1	$X_{111}$	...	$X_{1j1}$	...	$X_{1p1}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	i	$X_{i11}$	...	$X_{ij1}$	...	$X_{ip1}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	n	$X_{n11}$	...	$X_{nj1}$	...	$X_{np1}$
	$\bar{X}$	$\bar{X}_{.11}$	$\ddots$	$\bar{X}_{.j1}$	$\ddots$	$\bar{X}_{.p1}$
	$S^2$	$S^2_{.11}$	...	$S^2_{.j1}$	...	$S^2_{.p1}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
k	1	$X_{11k}$	...	$X_{1jk}$	...	$X_{1pk}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	i	$X_{i1k}$	...	$X_{ijk}$	...	$X_{ipk}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	n	$X_{n1k}$	...	$X_{njk}$	...	$X_{npk}$
	$\bar{X}$	$\bar{X}_{.1k}$	$\ddots$	$\bar{X}_{.jk}$	$\ddots$	$\bar{X}_{.pk}$
	$S^2$	$S^2_{.1k}$	...	$S^2_{.jk}$	...	$S^2_{.pk}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
m	1	$X_{11m}$	...	$X_{1jm}$	...	$X_{1pm}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	i	$X_{i1m}$	...	$X_{ijm}$	...	$X_{ipm}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	n	$X_{n1m}$	...	$X_{njm}$	...	$X_{npm}$
	$\bar{X}$	$\bar{X}_{.1m}$	$\ddots$	$\bar{X}_{.jm}$	$\ddots$	$\bar{X}_{.pm}$
	$S^2$	$S^2_{.1m}$	...	$S^2_{.jm}$	...	$S^2_{.pm}$
Rata-rata keseluruhan		$\bar{\bar{X}}_{.1.}$	...	$\bar{\bar{X}}_{.j.}$	...	$\bar{\bar{X}}_{.p.}$
Varian Keseluruhan		$S^2_{.1.}$	...	$S^2_{.j.}$	...	$S^2_{.p.}$



Dimana

- $X_{ijk}$  = Nilai pengamatan pada observasi ke-i, karakteristik kualitas ke-j dan subgrup ke-k  
 $i$  = Banyaknya sampel atau ukuran subgrup sejumlah n  
 $j$  = Banyaknya karakteristik kualitas sejumlah p  
 $k$  = Banyaknya subgrup sejumlah m

untuk mengetahui apakah proses terkendali atau tidak maka batas kendali terdiri dari dua fase, dimana tujuan utama fase 1 atau biasa disebut *retrospective analysis* yaitu untuk mendapatkan pengamatan yang berada dalam batas kendali atau dapat dikatakan prosesnya terkendali, sehingga batas kendali dapat digunakan untuk fase 2, yang merupakan monitoring produksi dimasa depan (Alt, 1985). Batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) pada peta kendali  $T^2$  Hotelling fase 1 adalah sebagai berikut.

$$BKA = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{a,p,mn-m-p+1} \quad (2.17)$$

$$BKB = 0$$

Pada fase 2 apabila peta kendali  $T^2$  Hotelling digunakan berdasarkan fase 1, maka batas kendalinya menjadi

$$BKA = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{a,p,mn-m-p+1} \quad (2.18)$$

$$BKB = 0$$

Nilai  $F_{a,p,mn-m-p+1}$  merupakan nilai yang didapatkan dari tabel distribusi F dengan  $\alpha$  ditetapkan oleh peneliti dan derajat bebas p dan mn-m-p+1.

#### 2.4.3 Peta Kendali *Generalized Variance*

Peta kendali *general variance* ( $|S|$ ) merupakan salah satu alat untuk mengontrol variabilitas proses dimana data pengamatan bersifat multivariabel (Djauhari, 2005). Pengendalian kualitas terhadap variabilitas proses sangat penting dilakukan. Variabilitas proses dinyatakan sebagai matrik kovarian  $\sum$  berukuran p x p. Diagonal utama dari

matrik ini adalah variasi dari variabel proses secara individual dan data selain diagonal utama adalah kovarians. Matriks kovarian  $\Sigma$  biasa ditaksir oleh matrik kovarian sampel  $S$  berdasarkan analisis sampel pendahuluan. Berikut adalah taksiran *mean* dan varians dari  $|S|$ :

$$E(|S|) = b_1 |\Sigma| \quad (2.19)$$

$$Var(|S|) = b_2 |\Sigma|^2 \quad (2.20)$$

dimana

$$b_1 = \frac{1}{(n-1)^p} \prod_{i=1}^p (n-i) \quad (2.21)$$

dan

$$b_2 = \frac{1}{(n-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (n-i) \left[ \prod_{j=1}^p (n-j+2) - \prod_{j=1}^p (n-j) \right] \quad (2.22)$$

Sehingga batas kendali diagram control untuk  $|S|$  adalah

$$BKA = \frac{|S|}{b_1} \left( b_1 + \sqrt{3b_2} \right) \quad (2.23)$$

$$\text{Garis Tengah} = \overline{|S|} \quad (2.24)$$

$$BKB = \frac{|S|}{b_1} \left( b_1 - \sqrt{3b_2} \right) \quad (2.25)$$

## 2.5 Kapabilitas Proses

Analisis kemampuan proses dapat berguna sepanjang putaran produk, termasuk aktivasi pengembangan sebelum produksi, analisis variabilitas relatif terhadap spesifikasi produk dan membantu pengembangan produksi dalam mengurangi banyak variabilitas. Aktivasi ini biasa disebut dengan analisis kemampuan proses (Mongomery, 2009)

Kapabilitas proses merupakan studi keteknikan yang digunakan untuk menaksir kemampuan proses. Analisis ke-

mampuan proses adalah bagian yang sangat penting dari keseluruhan program peningkatan kualitas (Montgomery, 2013).

Proses dikatakan kapabel jika berada dalam keadaan terkendali, memenuhi batas spesifikasi serta memiliki tingkat presisi dan akurasi yang tinggi.

Indeks kapabilitas multivariat dapat ditentukan dengan syarat hasil pengontrolan proses terkendali dan data berdistribusi normal multivariat (Kotz & Johnson, 1993). Indeks kapabilitas multivariat dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut,

$$Cp = \frac{\mathbf{K}}{\chi_{P;0,9973}} \left( \frac{(n-1)p}{\mathbf{A}} \right)^{0,5} \quad (2.26)$$

Dengan  $p$  adalah banyaknya karakteristik kualitas,  $\chi_{p,0,9973}$  adalah nilai distribusi *chi-square* dengan probabilitas ketidaksesuaian 0,27% dan derajat bebas  $p$ .  $\mathbf{K}$  adalah proses sebenarnya yang diperoleh dari  $\mathbf{K}^2$ .

$$\mathbf{K}^2 = (\mathbf{X}_j - \xi)' \mathbf{V}_0^{-1} (\mathbf{X}_j - \xi) \quad (2.27)$$

$\mathbf{V}_0^{-1}$  adalah *invers* matriks varian kovarian dari semua variabel karakteristik kualitas.  $\xi$  merupakan nilai target dari batas spesifikasi setiap variabel karakteristik kualitas. Dengan  $\mathbf{G}^{-1}$  adalah *invers* dari matriks  $\mathbf{X}'\mathbf{X}$  yang diperoleh dari nilai target ( $\xi$ ) dengan batas spesifikasi setiap variabel karakteristik kualitas dan vektor rata-rata ( $\mathbf{A}$ ) dari setiap karakteristik kualitas.

$$\xi = \frac{\mathbf{BSA} + \mathbf{BSB}}{2} \quad (2.28)$$

$$\mathbf{A} = \sum_{k=1}^m \left( \bar{\mathbf{X}}_{.jk} - \bar{\bar{\mathbf{X}}}_{.j.} \right) \mathbf{G}^{-1} \left( \bar{\mathbf{X}}_{.jk} - \bar{\bar{\mathbf{X}}}_{.j.} \right) \quad (2.29)$$

BSA : Vektor  $p \times 1$  yang berisi BSA masing-masing karakteristik kualitas

BSB : Vektor  $p \times 1$  yang berisi BSB masing-masing karakteristik kualitas

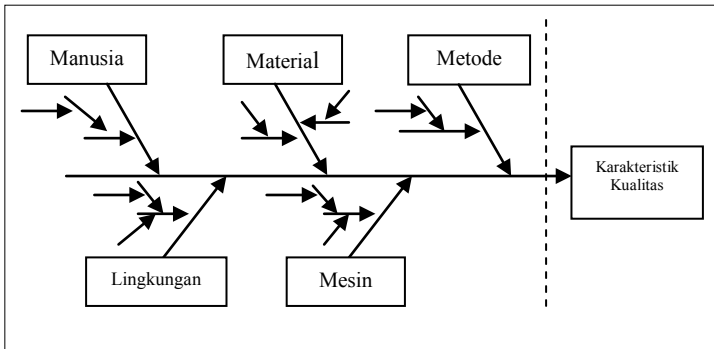
Hubungan kapabilitas proses dengan level *sigma* yaitu jika proses rata-rata sebenarnya sama dengan rata-rata dari spesifikasi perusahaan, maka dapat diketahui nilai  $C_p = 1$  dan jarak dari rata-rata proses sesungguhnya terhadap batas spesifikasi perusahaan yang telah ditentukan adalah  $3\sigma$ .

$$\text{Sigma Level} = 3 \times C_p \quad (2.30)$$

## 2.6 Diagram *Ishikawa*

Diagram *Ishikawa* disebut juga *Cause and Effect Diagram* adalah suatu diagram yang menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat. Diagram sebab akibat sering juga disebut *Ishikawa Diagram* atau diagram tulang ikan (Heizer dan Render, 2006). Diagram ini digunakan untuk menganalisis persoalan dan faktor yang menimbulkan persoalan tersebut. Dengan demikian, diagram tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan sebab-sebab suatu persoalan. Pada dasarnya diagram *cause and effect diagram* dapat digunakan untuk kebutuhan-kebutuhan seperti:

- a. Menyimpulkan sebab-sebab variasi dalam proses
- b. Membantu mengidentifikasi akar penyebab dari masalah
- c. Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi masalah
- d. Memberikan petunjuk dari macam-macam data yang dikumpulkan
- e. Membantu dalam penyelidikan fakta lebih lanjut.



**Gambar 2.1** Diagram *Ishikawa*

## 2.7 *Six sigma*

*Six sigma* merupakan sebuah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan pada pengendalian kualitas dengan mendalami sistem produksi perusahaan secara keseluruhan. Tujuannya untuk mengurangi variasi proses sekaligus mengurangi cacat produk atau jasa yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, memangkas waktu pembuatan produk dan menghilangkan biaya. (Gasperz, 2007).

Konsep *Six sigma* Motorola merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik yang diterapkan pertama kali oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986. Istilah *six sigma* diambil dari terminologi statistika dimana sigma ( $\sigma$ ) adalah standar deviasi dalam distribusi normal dengan peluang  $\pm 6\sigma$ . Kondisi ini setara dengan peluang terjadi produk tidak cacat adalah 99,9996% atau 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO). Hal ini berarti proses berjalan dengan baik karena akan terdapat empat buah produk cacat dari 1.000.000 produk yang dihasilkan.

Konsep *Six sigma* yang dikembangkan Motorola berasumsi pada kondisi proses yang mengikuti distribusi normal tetapi yang mengizinkan rata-rata (*mean*) proses bergeser 1,5 sigma dari nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan pelanggan, ditunjukkan dalam Tabel 2.4 dan Lampiran O (Gasperz, 2007).

**Tabel 2.2** Tingkat *Sigma* Berdasarkan Konsep Motorola

<i>Spec. Limit</i>	<i>Percent</i>	<i>Defective ppm</i>
$\pm 1\sigma$	30,23	697.700
$\pm 2\sigma$	69,13	308/700
$\pm 3\sigma$	93,32	66.810
$\pm 4\sigma$	99,2790	6.210
$\pm 5\sigma$	99,97670	233
$\pm 6\sigma$	99,999660	3,4

Indikator keberhasilan *six sigma* salah satunya yaitu *level sigma* yang merupakan indikator *performance* karakteristik mutu. *Level sigma* berkaitan dengan *Part Per Million* (PPM), *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) atau kapabilitas proses (*Cp*) seperti yang ditampilkan pada persamaan (2.30).

$$DPMO = \frac{DPU}{m} \times 1.000.000 \quad (2.31)$$

## 2.8 Metodologi Peningkatan *Six Sigma*

Terdapat banyak metode perbaikan yang dapat digunakan untuk memperbaiki proses. Kebanyakan berdasarkan langkah-langkah yang dikenalkan oleh W. Edwards Deming yaitu PDCA (*Plan-Do-Check-Action*), SEA (*Select-Experiment-Adapt*), SEL (*Select-Experiment-Learn*) dan DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*)

DMAIC merupakan kunci untuk mencapai kualitas *Six sigma* karena menyediakan metodologi pengendalian data untuk mencapai perbaikan proses yang tangguh dengan mengurangi cacat. Tahapan dalam DMAIC meliputi :

### a. *Tahap Define*

Tahap *Define* yaitu mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan atau kebutuhan pelanggan dan strategi perusahaan sedang berlangsung.

***b. Tahap Measure***

Tahap *Measure* yaitu mengukur kinerja proses pada saat sekarang agar dapat dibandingkan dengan target yang ditetapkan.

***c. Tahap Analyze***

Tahap *Analyze* yaitu menganalisis hubungan sebab-akibat berbagai faktor yang dipelajari untuk mengetahui faktor-faktor dominan yang perlu dikendalikan.

***d. Tahap Improve***

Pada tahap *improve* dilakukan pengoptimasian proses dengan cara membuat solusi-solusi khusus yang kemudian diterapkan pada proses produksi selanjutnya, berdasarkan hasil analisis menggunakan *statistics tools*.

***e. Tahap Control***

Tahap *control* merupakan tahap terakhir dalam proyek peningkatan *Six sigma*. Dalam tahap *control*, seluruh usaha-usaha peningkatan yang ada di kendalikan (simulasi) atau dicapai secara teknis dan seluruh usaha tersebut kemudian di dokumentasikan dan di sebarluaskan atau di sosialisasikan ke segenap karyawan perusahaan.

## **2.9 Proses Produksi Produk Tepung Terigu “Palapa” di PT. Pioneer Flour Mill Industries**

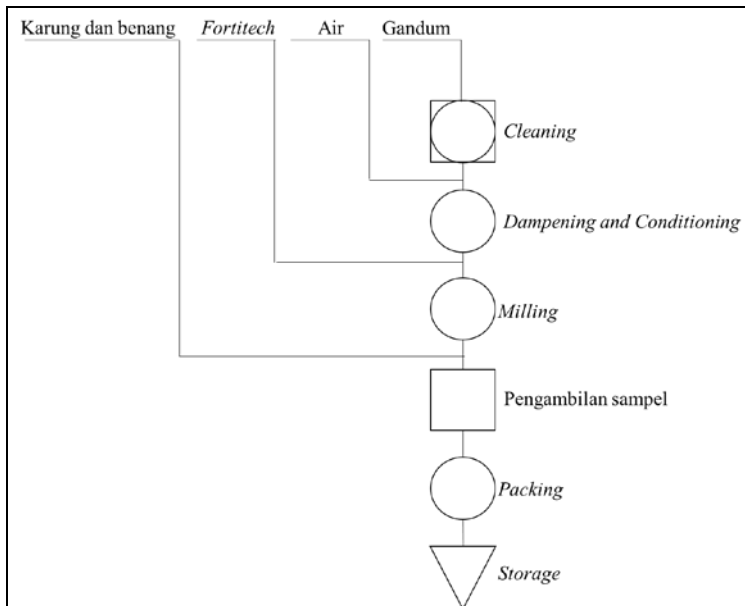
PT. Pioneer Flour Mill Industries merupakan anak perusahaan dari PT. Shindo Tiara Tunggal yang didirikan pada tanggal 19 Januari 2009. PT. Pioneer Flour Mill Industries bergerak dibidang industri tepung terigu yang berbahan dasar dari gandum.

Proses produksi tepung terigu meliputi proses penggilingan gandum yang bertujuan untuk mendapatkan tepung terigu dengan kualitas dan kuantitas sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Peralatan produksi yang digunakan hampir semua dilengkapi dengan sensor komputer, sehingga semua pekerjaan dapat dikendalikan dengan komputer. Pekerja di bagian produksi bertugas untuk mengawasi dan mengontrol

semua proses produksi yang telah dikendalikan oleh sistem komputer.

Aliran proses pengolahan gandum dari bahan baku sampai menjadi tepung secara garis besar adalah mulai dari bahan baku, proses pembersihan (*cleaning*), proses penambahan air (*dampening* dan *conditioning*), proses penggilingan (*milling*) dan pengemasan tepung terigu yang sudah jadi (*packing*), serta penyimpanan di gudang penyimpanan produk (*storage*). Seperti yang tertera pada Gambar 2.2.

Pengambilan sampel dilakukan pada proses sebelum *packing*. Sebelum masuk kedalam karung, tepung terigu diambil sekali untuk dijadikan sampel dan dibawa ke Ruang Labolatorium untuk dilakukan pengujian *moisture*, *ash* dan *gluten* setiap 2 jam sekali.



**Gambar 2.2** *Operation Process Chart (OPC) Manufacturer PT. Pioneer Flour Mill Industries*



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Salah satu metodologi *Six sigma* yaitu DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve dan Control*). Tahapan-tahapan tersebut dilakukan agar dapat meningkatkan level *sigma*, masing-masing tahapan dijelaskan sebagai berikut.

#### **3.1 Tahap *Define***

Tahap *Define* merupakan tahap awal / inisiasi dari permasalahan yang akan dipecahkan, pada tahapan define dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang ada, mendefinisikan proses yang menghasilkan masalah yang akan mempengaruhi kualitas produk dan menentukan tujuan penyelesaian, seperti yang telah dipaparkan pada subab Pendahuluan.

#### **3.2 Tahap *Measure***

Tahap *Measure* merupakan tahapan langkah operasional kedua dalam rangka peningkatan kualitas. Pada tahap ini dilakukan pengukuran dan pengenalan karakteristik kualitas dari produk yang akan diteliti yaitu *Critical To Quality* dan metode pengambilan sampel.

##### **3.2.1 *Critical To Quality***

*Critical To Quality* yang digunakan dalam mengukur kualitas tepung terigu “Palapa” berdasarkan hasil uji laboratorium adalah sebagai berikut.

1. *Moisture* ( $X_1$ )

*Moisture* merupakan kandungan kadar air yang ada pada tepung, jika kadar air tidak sesuai dengan spesifikasi dapat mengakibatkan tepung akan berjamur dan bau

apek. Alat ukur yang digunakan untuk menguji *moisture* adalah mesin destilasi. Standar *moisture* yang ditentukan oleh perusahaan yaitu 13-14%.

2. *Ash* ( $X_2$ )

*Ash* merupakan kadar abu yang terkandung dalam gandum. *Ash* dapat mempengaruhi warna dan kandungan gluten pada proses produksinya. Sehingga semakin kecil kadar abu, semakin bagus pula kualitas tepung yang dihasilkan. Alat dukur yang digunakan yaitu *muffle furnace*. Standar *ash* yang ditentukan perusahaan yaitu 0% – 0,6%

3. *Gluten* ( $X_3$ )

*Gluten* merupakan kandungan yang bersifat kenyal dan elastis. Alat yang digunakan untuk menguji *gluten* adalah *gluten matic*. spesifikasi kadar *gluten* yang ditentukan oleh perusahaan yaitu 22% - 26%.

Berdasarkan ketiga variabel penelitian tersebut, diduga terdapat hubungan antar variabel. Apabila *moisture* atau kadar air semakin tinggi, maka semakin kecil pula ash yang dihasilkan, sedangkan jika ash semakin kecil maka gluten atau tingkat kekenyalan juga semakin kecil.

### 3.2.2 Metode Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan data sekunder yaitu hasil produksi tepung terigu “Palapa” berdasarkan uji laboratorium. Data diperoleh dari divisi *Quality Control* pada proses produksi periode 5 Januari - 31 Maret 2015 pada fase 1, dan periode 1 April – 20 Mei 2015 pada fase 2 di PT. Pioneer Flour Mill Industries.

Pengambilan sampel tepung terigu “Palapa” dilakukan sebelum masuk ke proses *packing*, dimana setiap 2 jam sekali

sampel tersebut diambil, karena subgrup yang digunakan adalah hari maka setiap harinya terdapat 8 sampel pengamatan. Proses produksi tepung terigu “Palapa” berlangsung pada hari Senin, Selasa dan Rabu disetiap minggunya, selama 2 *shift* yaitu *shift* 1 pada pukul 07.00 – 15.00 dan *shift* 2 pada pukul 16.00 - 23.00. Adapun organisasi data penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 dengan menetapkan beberapa nilai sebagai berikut.

- (i)  $m$  = banyaknya subgrup dalam hari sebanyak 34 pada fase 1 dan sebanyak 22 pada fase 2
- (ii)  $n$  = ukuran tiap subgrup sebanyak 8 (diambil setiap 2 jam sekali)
- (iii)  $p$  = banyaknya karakteristik kualitas sebanyak 3

### 3.3 Tahap *Analyze*

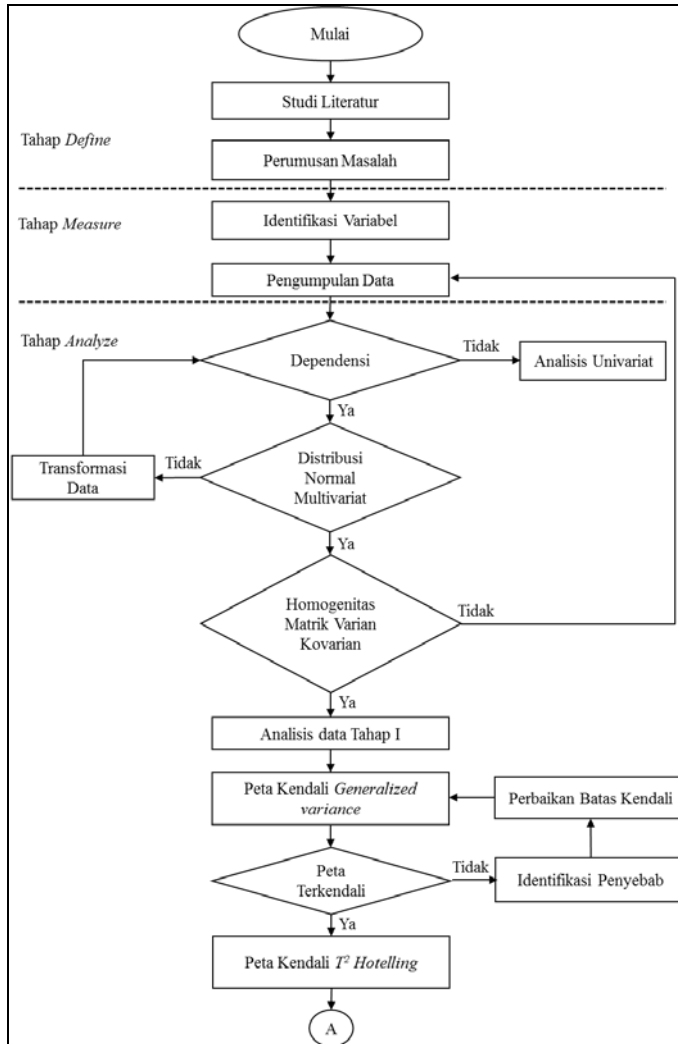
Setelah melakukan tahap *Define* dan *Measure*, tahapan selanjutnya yaitu *Analyze* atau menganalisis data hasil pengamatan pada fase 1 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Menguji korelasi antar variabel.
- b. Mengecek distribusi normal multivariat.
- c. Menguji homogenitas matrik varian kovarian.
- d. Membuat peta kendali *generalized variance* untuk mengontrol variabilitas proses.
- e. Membuat peta kendali  $T^2$  *Hotelling* untuk mengontrol *mean*.
- f. Mengidentifikasi faktor penyebab yang diketahui dengan diagram sebab akibat (*Ishikawa*).
- g. Menghitung kemampuan proses dan level sigma.

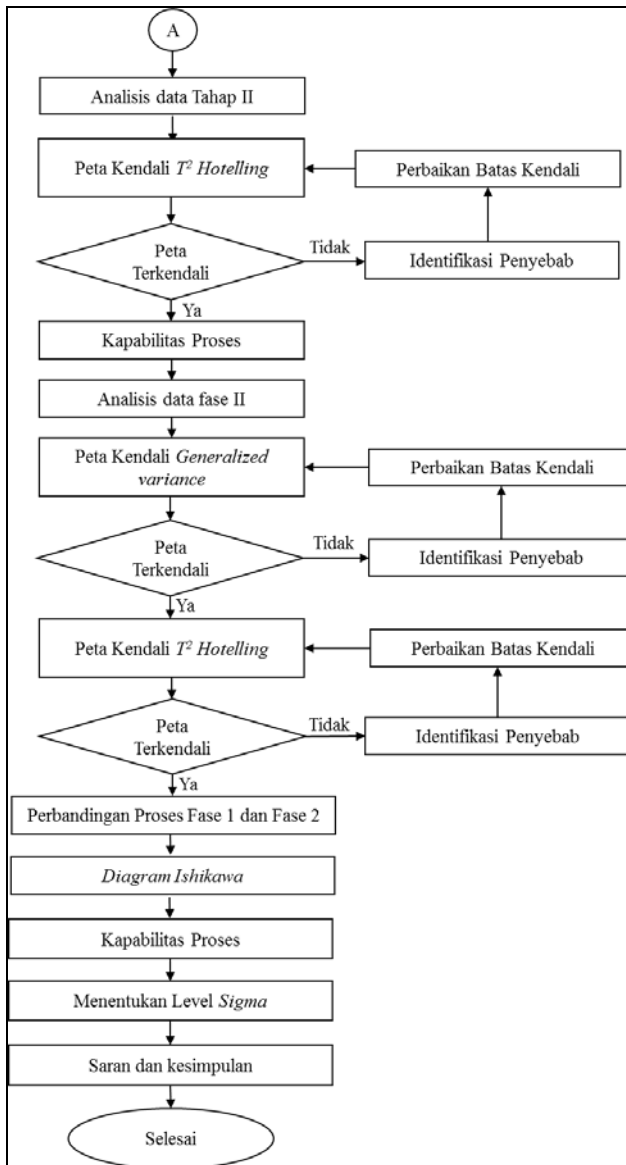
Setelah dilakukan analisis pada Fase 1, langkah selanjutnya melakukan analisis pada fase 2 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Menguji korelasi antar variabel.
- b. Menguji distribusi normal multivariat.
- c. Menguji homogenitas matrik varian kovarian. untuk mengetahui kehomogenan data.
- d. Membuat peta kendali *generalized variance* untuk mengontrol variabilitas proses secara multivariat dengan menggunakan batas pengendali dari peta *generalized variance* fase 1.
- e. Membuat peta kendali  $T^2$  *Hotelling* untuk mengontrol *mean* secara multivariat menggunakan batas pengendali dari peta  $T^2$  *Hotelling* fase 1.
- f. Mengidentifikasi faktor penyebab yang diketahui dengan diagram sebab akibat (*Ishikawa*).
- g. Menghitung kemampuan proses dan level sigma.

Diagram alir (*Flow Chart*) menggunakan pendekatan *Six sigma* adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.3** *Flow Chart Six sigma*



**Gambar 3.4** Lanjutan *Flow Chart Six sigma*

## BAB IV

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV ini akan membahas tahap *analyze*. Pada tahap tersebut data dibagi menjadi dua fase untuk mengetahui pergeseran proses yaitu fase 1 pada periode 5 Januari - 31 Maret 2015 sedangkan fase 2 yaitu pada periode 1 April - 20 Mei 2015. Peta kendali yang digunakan untuk mengontrol variasi yaitu peta kendali *generalized variance*, sedangkan untuk mengontrol proses *mean* digunakan peta kendali  $T^2$  Hotelling. Namun terlebih dahulu dilakukan pegecekan asumsi diantaranya dependensi variabel, distribusi normal multivariat dan homogenitas matrik varian kovarian. Setelah data produksi tepung terigu “Palapa” terkendali secara varians dan rata-rata, dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses dan level *Sigma* secara multivariat.

#### 4.1 Analisis Statistika Pada Fase 1

Analisis statistika fase 1 yaitu analisis yang digunakan untuk mendapatkan pengamatan yang berada dalam batas kendali (*Restropective Analysis*). Hasil proses produksi fase 1 yaitu pada periode 5 Januari sampai 31 Maret 2015 dengan variabel penelitiannya yaitu *moisture*, *ash* dan *gluten*.

##### 4.1.1 Deskripsi Data

Deskripsi data digunakan untuk mengetahui informasi data secara umum. Hasil deskriptif data pada variabel *moisture*, *ash* dan *gluten* ditampilkan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Deskripsi Data Pada Fase 1

Variabel	Mean (%)	Stdev	Min	Max	BSB	BSA
<i>Moisture</i>	13,4930	0,28007	12,88	14,25	13	14
<i>Ash</i>	0,5471	0,02982	0,46	0,62	0	0,6
<i>Gluten</i>	23,6347	2,20594	17,66	29,02	22	26

Pada Tabel 4.2 terlihat bahwa nilai rata-rata dari variabel *moisture*, *ash* dan *gluten* masing-masing adalah 13,49 %, 0,54% dan 23,63% dimana ketiga variabel tersebut berada dalam batas spesi-

kasi, akan tetapi nilai minimum maupun nilai maksimum ketiga variabel berada diluar batas spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan.

#### 4.1.2 Uji Dependensi Variabel

Asumsi pertama yang harus dipenuhi yaitu variabel karakteristik kualitas harus berhubungan atau berkorelasi secara multivariat, untuk mengetahui dependensi antar variabel dapat menggunakan uji *Bartlett*. Hipotesis uji *Bartlett* menggunakan  $\alpha$  sebesar 5% adalah sebagai berikut.

$H_0 : \mathbf{P} = \mathbf{I}$  (Matrik korelasi = Matrik Identitas)

$H_1 : \mathbf{P} \neq \mathbf{I}$  (Matrik korelasi  $\neq$  Matrik Identitas)

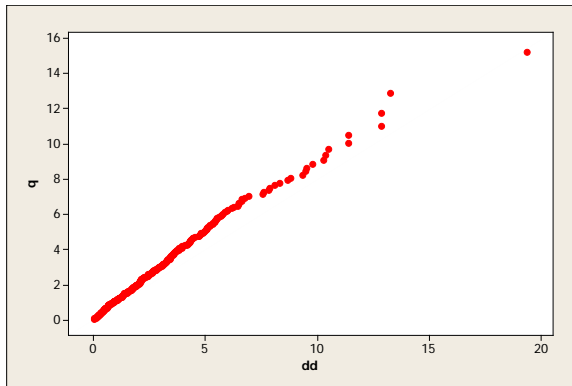
Dengan menggunakan persamaan (2.1) dan bantuan *software minitab* diperoleh nilai *Chi-square* sebesar 16,792 lebih besar dari  $\chi^2_{(0,05;3)}$  yaitu 0,3518. Selain itu nilai *P-Value* sebesar 0,001 seperti yang ditampilkan pada Lampiran C memiliki nilai lebih kecil dari  $\alpha$  sebesar 0,05. Sehingga keputusannya adalah  $H_0$  ditolak, yang artinya antar variabel *moisture*, *ash* dan *gluten* memiliki korelasi secara multivariat.

#### 4.1.3 Pengecekan Distribusi Normal Multivariat

Untuk mengetahui apakah *moisture*, *ash* dan *gluten* berdistribusi normal multivariat maka digunakan perhitungan jarak kuadrat untuk setiap pengamatannya. Dengan menggunakan data pada lampiran A dengan persamaan (2.4) dan bantuan paket program *minitab*, diperoleh nilai *t* pada Lampiran D sebesar 0,513 lebih besar dari 0,5. Sehingga data *moisture*, *ash* dan *gluten* pada produksi tepung terigu “Palapa” dikatakan berdistribusi normal multivariat.

Selain berdasarkan nilai presentase jarak  $d_{jk}^2$  atau (*t*), distribusi normal multivariat dapat dilihat secara visual pada Gambar 4.1 menggunakan *Chi-square plot*.





**Gambar 4.1** *Chi-square Plot* Pada Fase 1

Secara visual pada Gambar 4.1 menunjukkan terdapat titik-titik merah membentuk garis lurus yang menandakan bahwa sebaran data mengikuti distribusi normal multivariat.

#### 4.1.4 Uji Homogenitas Matrik Varian Kovarian

Homogenitas matrik varian kovarian merupakan pengujian yang digunakan untuk mengetahui apakah data produksi tepung terigu “Palapa” homogen atau heterogen (tidak homogen). Hipotesis dari homogenitas matrik varian kovarian menggunakan *Box’s M* dan taraf signifikansi 5% adalah sebagai berikut.

$H_0$  : Data produksi tepung terigu “Palapa” pada fase 1 homogen

$H_1$  : Data produksi tepung terigu “Palapa” pada fase 1 tidak homogen

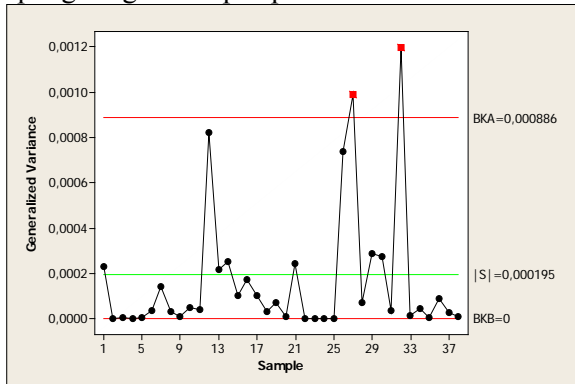
Dengan menggunakan persamaan (2.7) diperoleh nilai *Box’s M* sebesar 8,575 dengan nilai P-value sebesar 0,205 pada lampiran F lebih besar dari  $\alpha$  (0,05). Keputusannya adalah  $H_0$  gagal ditolak yang artinya data produksi tepung terigu “Palapa” pada fase 1 homogen.

#### 4.1.5 Peta Kendali Multivariat

Setelah memenuhi asumsi dependensi variabel, distribusi normal multivariat dan homogenitas matrik varian kovarian. Analisis selanjutnya yaitu membuat peta kendali *generalized variance* untuk mengontrol varians dan dilanjut membuat peta kendali  $T^2$  Hotelling untuk mengontrol *mean*.

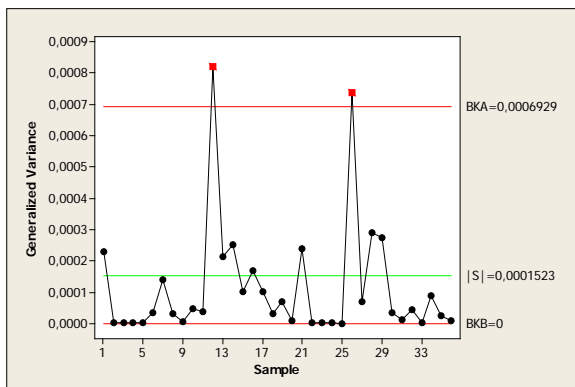
### a. Peta Kendali *Generalized Variance*

Berikut adalah hasil analisis pengendalian variabilitas proses produksi tepung terigu “Palapa” pada fase 1.



**Gambar 4.2** Peta Kendali *Generalized Variance* Fase 1

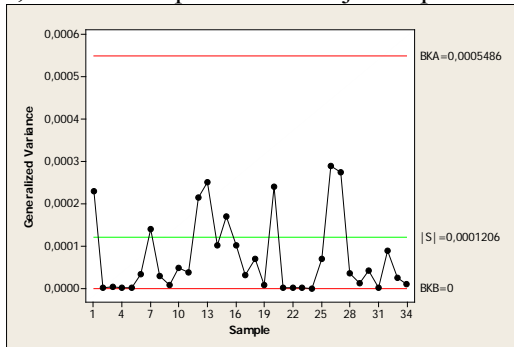
Pada Gambar 4.2 dapat dilihat secara visual bahwa terdapat data yang *out of control*, yaitu pada subgrup ke-27 dan 23. Berdasarkan informasi informal hal tersebut disebabkan setelan mesin yang tidak sesuai, andaikata pengamatan *out of control* tersebut dihilangkan. Maka peta kendali yang telah direvisi menjadi seperti pada Gambar 4.3



**Gambar 4.3** Revisi 1 Pada Peta Kendali *Generalized Variance* Fase 1

Revisi peta kendali *generalized variance* pada gambar 4.3 diketahui masih belum terkendali, terdapat data *out of control* pada subgrup ke-12 dan 26 yang disebabkan karena *over conditioning* dan

suhu di Bin yang begitu panas karena faktor lingkungan. Andaikan dilakukan revisi ulang kembali yaitu dengan menghapus data yang *out of control*, maka revisi peta akan menjadi seperti Gambar 4.4.

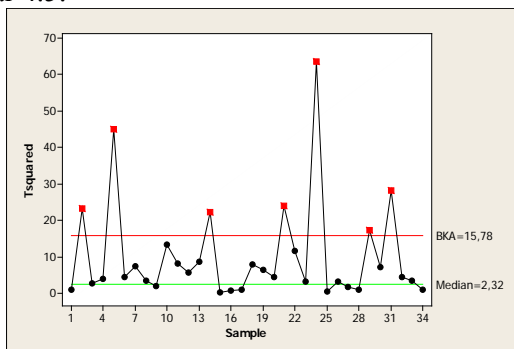


**Gambar 4.4** Revisi 2 Peta Kendali *Generalized Variance* Fase 1

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa peta sudah terkendali secara varians, dengan nilai batas tengahnya sebesar 0,0001206, sehingga langkah selanjutnya dapat membuat peta kendali  $T^2$  Hotelling pada produk tepung Terigu “Palapa” fase 1.

### b. Peta Kendali $T^2$ Hotelling

Berikut adalah pengendalian kualitas pada tepung terigu “Palapa” menggunakan peta kendali  $T^2$  Hotelling. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Fase 1

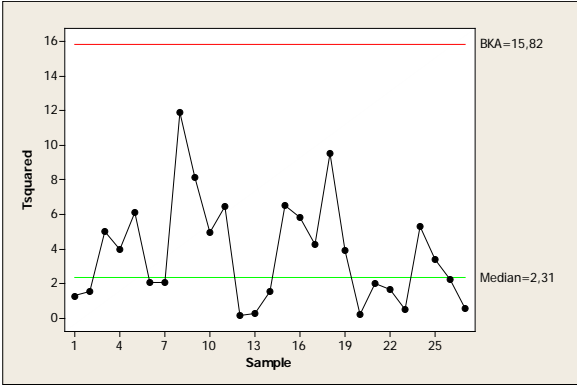
Secara visual terdapat titik-titik merah pada Gambar 4.5, hal ini menunjukkan bahwa peta belum terkendali, dikarenakan adanya

data *out of control* pada subgrup ke 2,5,14,21,24,29 dan 31. Berdasarkan informasi informal dari buku kejadian perusahaan, diketahui penyebab peta *out of control* seperti pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Penyebab *Out Of Control* Pada Fase 1

Point	Tanggal	Variabel	Keterangan
2	6 januari 2015	Moisture Ash	Setting Flow meter air berubah
5	13 Januari 2015	Moisture Ash	kebocoran <i>shifter</i>
14	4 Februari 2015	Moisture Gluten	mesin <i>rolling</i> tidak optimal
21	23 Februari 2015	Moisture	<i>over conditioning</i>
24	2 Maret 2015	Moisture Ash	aspirasi <i>dry stone</i> belum optimal
29	18 Maret 2015	Moisture Ash	<i>over conditioning</i>
31	24 Maret 2015	Moisture Ash Gluten	produk mampat disalah satu screen

Andaikata jika pengamatan *out of control* tersebut dibuang, karena faktor yang diketahui, maka peta kenndali  $T^2$  *Hotelling* yang telah direvisi menjadi seperti pada gambar 4.6



**Gambar 4.6** Revisi Pada Peta Kendali  $T^2$  *Hotelling* Fase 1

Gambar 4.6 merupakan peta  $T^2$  Hotelling yang sudah direvisi dan terkendali, dengan nilai median sebesar 2,31. Secara visual hal ini terlihat jelas bahwa tidak ada titik-titik atau data yang melebihi garis Batas Kendali Atas (BKA) dengan nilai sebesar 15,82.

## 4.2 Analisis Statistika Pada Fase 2

Analisis Statistika fase 2 adalah analisis yang digunakan untuk monitoring hasil proses produksi, dimana periode produksi pada fase 2 yaitu 1 April sampai 20 Mei 2015.

### 4.2.1 Deskripsi Data

Hasil deskripsi data variabel *moisture*, *ash* dan *gluten* pada fase 2 periode 1 April – 20 Mei 2015 ditampilkan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Deskripsi Data Pada Fase 2

Variabel	Mean (%)	Stdev	Min	Max	LCL	UCL
<i>Moisture</i>	13,37	0,32526	12,53	14,12	13	14
<i>Ash</i>	0,54	0,03230	0,44	0,65	0	0,6
<i>Gluten</i>	23,51	2,30160	16,48	30,12	22	26

Pada Tabel 4.4 terlihat bahwa nilai minimum maupun nilai maksimum ketiga variabel berada diluar batas spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan, namun nilai rata-rata masih didalam batas spesifikasi, diantaranya *moisture* sebesar 13,37%, *ash* sebesar 0,54% dan *gluten* sebesar 23,51% .

### 4.2.2 Uji Dependensi Variabel

Asumsi awal yang harus terpenuhi yaitu dependensi variabel, sehingga digunakan uji *Bartlett* untuk mengetahui hubungan antar ketiga variabel *moisture*, *ash* dan *gluten*. Hipotesis uji *Bartlett* menggunakan  $\alpha$  sebesar 5% adalah sebagai berikut.

$H_0$  :  $\mathbf{P} = \mathbf{I}$  (Matrik korelasi = Matrik Identitas)

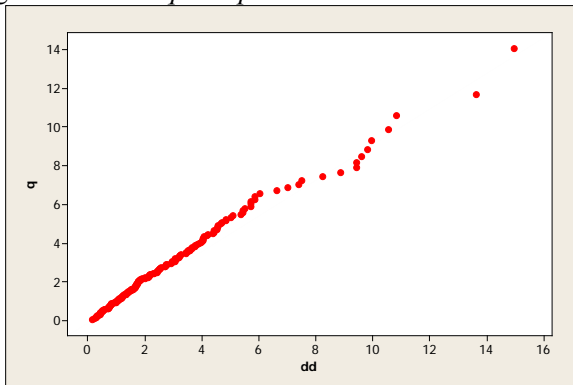
$H_1$  :  $\mathbf{P} \neq \mathbf{I}$  (Matrik korelasi  $\neq$  Matrik Identitas)

Dengan menggunakan bantuan *software* SPSS dan persamaan (2.1) diperoleh nilai *chi-square* sebesar 39,207 lebih besar dari  $\chi^2_{(0,05;3)}$  yaitu 0,3518, selain itu nilai *P-Value* sebesar 0,000 lebih kecil dari  $\alpha$  sebesar 0,05. Keputusannya adalah  $H_0$  ditolak, yang artinya antar variabel *moisture*, *ash* dan *gluten* memiliki korelasi secara multivariat.

#### 4.2.3 Pengecekan Distribusi Normal Multivariat

Untuk mengetahui apakah *moisture*, *ash* dan *gluten* berdistribusi normal secara multivariat maka digunakan perhitungan jarak kuadrat untuk setiap pengamatannya. Dengan menggunakan data pada lampiran B dengan persamaan (2.4) dan bantuan paket program *minitab*, diperoleh nilai  $t$  pada Lampiran E sebesar 0,517 lebih besar dari 0,5. Sehingga data dikatakan berdistribusi normal multivariat.

Selain berdasarkan nilai presentase jarak  $d_{jk}^2$  atau ( $t$ ), distribusi normal multivariat dapat dilihat secara visual pada Gambar 4.7 menggunakan *Chi-square plot*.



**Gambar 4.7** *Chi-square Plot* Pada Fase 2

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa secara visual produksi tepung terigu “Palapa” pada fase 2 berdistribusi normal multivariat, hal ini terlihat dari sebaran data yang mengikuti garis linier.

#### 4.2.4 Uji Homogenitas Matrik Varian Kovarian

Homogenitas matrik varian kovarian merupakan pengujian yang digunakan untuk mengetahui apakah data produksi tepung terigu “Palapa” homogen atau tidak. Dengan taraf signifikansi 5%, Hipotesis dari homogenitas matrik varian kovarian menggunakan uji *Box’s M* adalah sebagai berikut.

$H_0$  : Data produksi tepung terigu “Palapa” homogen

$H_1$  : Data produksi tepung terigu “Palapa” tidak homogen

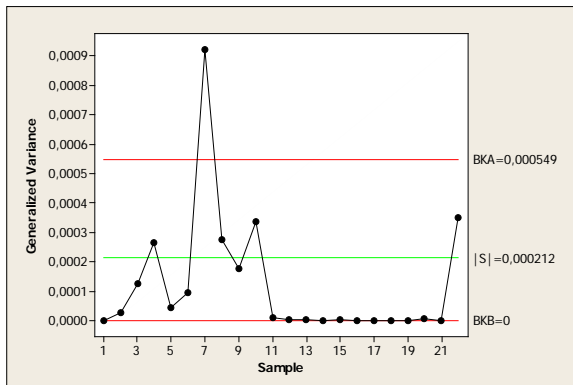
Berdasarkan persamaan (2.7) diperoleh perhitungan melalui *software SPSS* nilai *Box's M* dan *P-value* pada lampiran F sebesar 12,064 dan 0,066 lebih besar dari  $\alpha$  (0,05). Keputusannya yaitu  $H_0$  gagal ditolak. Artinya data produksi tepung terigu “Palapa” pada fase 2 yaitu periode 1 April – 20 Mei 2015 homogen.

#### 4.2.5 Peta Kendali Multivariat

Setelah memenuhi asumsi dependensi variabel, distribusi normal multivariat dan homogenitas matrik varian kovarian. Analisis selanjutnya yaitu membuat peta kendali *generalized variance* dan peta kendali  $T^2$  Hotelling, dengan menggunakan batas kendali berdasarkan fase 1 yang sudah terkendali.

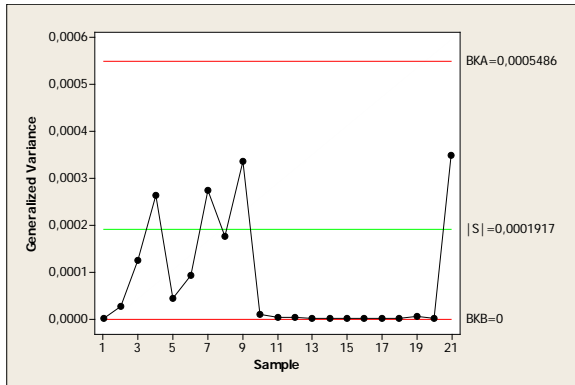
##### a. Peta Kendali *Generalized variance*

Berikut adalah hasil analisis pengendalian variabilitas proses produksi tepung terigu “Palapa” pada fase 2 menggunakan peta kendali *Generalized Variance*.



**Gambar 4.8** Peta Kendali *Generalized variance* Fase 2

Peta kendali *Generalized variance* pada fase 2 ditampilkan pada Gambar 4.8 menggunakan batas pengendali atas pada fase 1 yaitu 0,000549. Terdapat data *out of control* pada subgrup ke-7 yang disebabkan karena kebocoran pada mesin *shifter*, sehingga apabila dilakukan revisi ulang dengan cara menghapus data *out of control* tersebut, peta kendali menjadi seperti Gambar 4.9

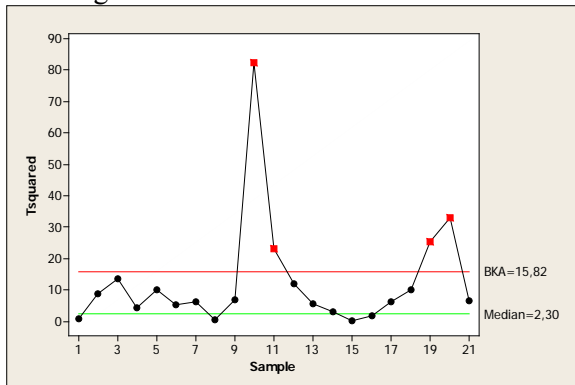


**Gambar 4.9** Revisi 1 Peta Kendali *Generalized variance* Fase 2

Revisi peta kendali *generalized variance* yang ditampilkan pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa peta sudah terkendali secara variabilitas. Dengan nilai  $|S|$  sebesar 0,0001917 terlihat bahwa tidak ada titik pengamatan yang berada diluar Batas Kendali Atas (BKA).

#### b. Peta Kendali $T^2$ Hotelling

Setelah data produksi tepung terigu “Palapa” terkendali secara varians, langkah selanjutnya yaitu membuat peta kendali  $T^2$  Hotelling menggunakan batas pengendali dari fase sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut.



**Gambar 4.10** Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Fase 2

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa peta  $T^2$  Hotelling pada fase 2 masih belum terkendali, hal ini dapat dilihat secara visual

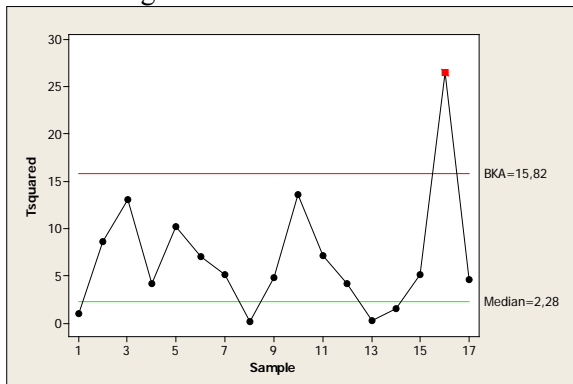


bahwa masih terdapat titik-titik merah atau pengamatan yang nilainya melebihi batas pengendali atas sebesar 15,82. Diantaranya yaitu pada subgrup 10,11,19 dan 18 seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Penyebab *Out Of Control* Pada Fase 2

<i>Point</i>	<i>Tanggal</i>	<i>Variabel</i>	<i>Keterangan</i>
10	27 April 2015	<i>Moisture</i> <i>Ash</i>	<i>Overtime Conditioning</i>
11	28 April 2015	<i>Moisture</i> <i>Ash</i>	Aspirasi <i>Dry Stone</i> belum optimal
19	13 Mei 2015	<i>Moisture</i> <i>Ash</i> <i>Gluten</i>	Mesin <i>Roll</i> tidak maksimal
20	19 mei 2015	<i>Moisture</i> <i>Ash</i>	Perubahan settingan <i>Roll</i>

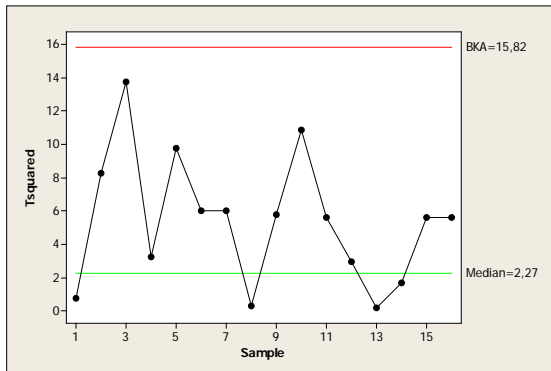
Tabel 4.5 merupakan identifikasi penyebab peta  $T^2$  *Hotelling out of control* berdasarkan informasi informal yang diperoleh dari buku kejadian di PT. Pioneer Flour Mill Industries. Andaikata pengamatan yang *out of control* dibuang, maka peta kendali yang terbentuk adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.11** Revisi 1 pada Peta Kendali  $T^2$  *Hotelling* Fase 2

Revisi peta kendali  $T^2$  *Hotelling* pada gambar 4.11 diketahui masih belum terkendali, terdapat data *out of control* pada subgrup ke-16 yang disebabkan karena aspirasi *dry stone* yang kurang optimal, andaikan dilakukan revisi ulang kembali dengan cara

menghapus data *out of control*. Peta kendali yang baru ditunjukkan pada Gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Revisi 2 Pada Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Fase 2

Setelah dilakukan revisi seperti Gambar 4.12, diketahui bahwa peta  $T^2$  Hotelling sudah terkendali dengan nilai median sebesar 2,3 untuk fase 2 pada periode 1 April – 20 Mei 2015.

### 4.3 Membandingkan Proses Fase 1 dan Fase 2

Setelah dilakukan analisis pengendalian pada fase 1 dan fase 2, langkah selanjutnya yaitu melakukan uji perbandingan proses untuk mengetahui apakah terdapat pergeseran proses pada hasil produksi tepung terigu “Palapa” atau tidak. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

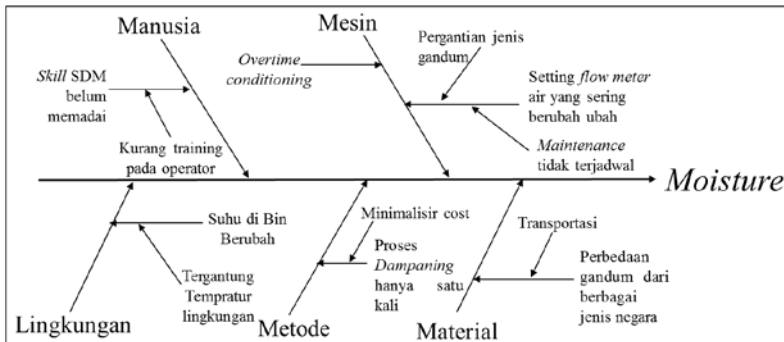
$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan antara fase 1 dan fase2

$H_1$  : Terdapat perbedaan pada fase 1 dan fase 2

Berdasarkan persamaan (2.11) dan bantuan paket program SPSS diperoleh nilai Wilks' Lambda sebesar 0,926 dan P-value sebesar 0,000 lebih kecil dari  $\alpha$  yaitu 0,05. Sehingga keputusannya adalah  $H_0$  ditolak, yang artinya terdapat perbedaan atau terjadi pergeseran proses yang signifikan antara produksi pada fase 1 dan fase 2.

#### 4.4 Diagram *Ishikawa*

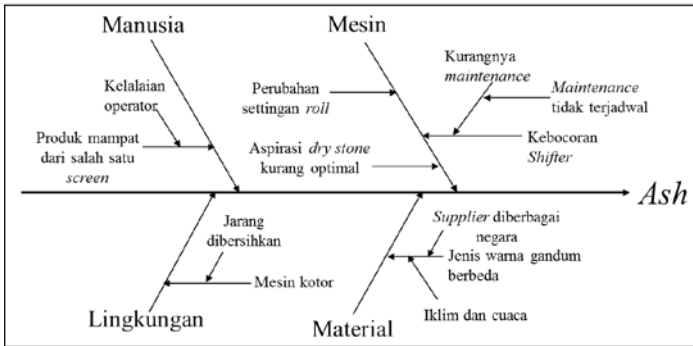
Diagram *Ishikawa* pada umumnya digunakan untuk mengetahui akar dari suatu permasalahan yang terjadi. Akar permasalahan dari *moisture*, *ash* dan *gluten* yang menjadi penyebab *out of control* berdasarkan informasi informal adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.13** Diagram *Ishikawa* Pada Variabel *Moisture*

Gambar 4.13 merupakan diagram *Ishikawa* dari penyebab *out of control* variabel *moisture*. Terdapat beberapa faktor diantaranya yaitu faktor mesin dengan penyebabnya adalah settingan *flowmeter* air yang sering berubah-ubah, hal ini bisa terjadi karena jadwal *maintenance* yang tidak terjadwal dan pergantian jenis gandum. Selain faktor mesin, terdapat pula faktor manusia dengan penyebab *Skill SDM* belum memadai karena kurangnya training pada operator. Pada faktor material terdapat jenis gandum yang berbeda negara dari *supplier*, yang menyebabkan jarak transportasi berbeda sehingga mempengaruhi kandungan gandum karna faktor perjalanan dan kondisi lingkungan. Kemudian faktor metode dengan penyebab proses *dampening* yang seharusnya dilakukan 2 kali namun hanya dilakukan satu kali, dengan kendala meminimalisir *cost*. Pada faktor lingkungan, *moisture* tidak sesuai spesifikasi apabila suhu di bin panas, hal ini terjadi karna kondisi lingkungan diluar yang dapat mempengaruhi kondisi suhu di bin.

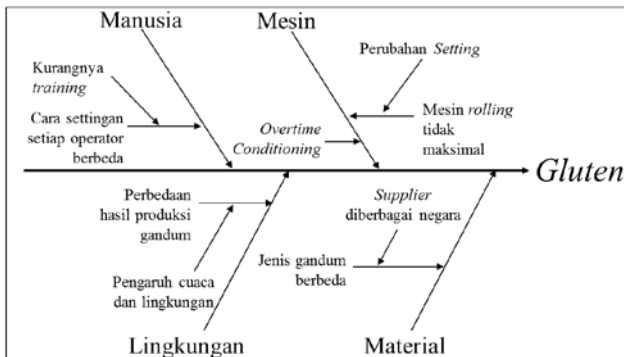
Selain *moisture*, penyebab *out of control* variabel *ash* berdasarkan beberapa faktor ditampilkan pada Gambar 4.14



**Gambar 4.14** Diagram *Ishikawa* Pada Variabel *Ash*

Gambar 4.14 merupakan diagram *Ishikawa* dari penyebab out of control berdasarkan variabel *ash*, dimana penyebab pada faktor mesin yaitu adanya kebocoran *shifter*, perubahan setting *roll* serta aspirasi *dry stone* yang kurang optimal. Sedangkan pada faktor manusia disebabkan karena kelalaian operator yang mengakibatkan produk mampat dari salah satu screen. Pada faktor material yaitu karna iklim serta perubahan cuaca. Kemudian pada faktor lingkungan, dengan penyebab mesin yang jarang dibersihkan sehingga kotor dan mengakibatkan *ash* semakin tinggi.

Selanjutnya yaitu analisis penyebab out of control berdasarkan variabel *gluten*, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.15



**Gambar 4.15** Diagram *Ishikawa* Pada Variabel *Gluten*

Gambar 4.15 menjelaskan tentang sebab akibat dari *gluten* yang menjadi variabel penyebab *out of control*. Pada faktor mesin diketahui bahwa penyebabnya adalah mesin *rolling* yang tidak maksimal dan *over conditioning*. Pada faktor manusia disebabkan karena kurangnya *training* sehingga cara *setting* setiap operator berbeda. Pada faktor material disebabkan karena jenis gandum yang berbeda yaitu diberbagai negara yang menyebabkan kandungan *gluten* tidak sesuai standar. Selanjutnya pada faktor lingkungan dengan penyebab pengaruh cuaca dan lingkungan.

#### 4.5 Kapabilitas Proses

Setelah diperoleh kondisi yang terkendali baik varian maupun *mean*, maka dari pengamatan yang sudah terkendali tersebut dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses secara multivariat. dengan menggunakan *macrominitab* pada Lampiran L dan M, didapatkan nilai K dan A yang dapat dilihat pada Lampiran G dan I untuk fase 1, sedangkan fase 2 pada Lampiran H dan J, yang kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan 2.26 diperoleh nilai kapabilitas proses sebagai berikut.

**Tabel 4.6** Indeks Kapabilitas Proses Secara Multivariat

	$\chi^2$	Cp
<b>Fase 1</b>	14,1563	1,323350419
<b>Fase 2</b>	14,1563	1,005144237

Indeks kapabilitas proses multivariat pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa dengan nilai  $\chi^2$  sebesar 14,1563 diperoleh nilai indeks kapabilitas sebesar 1,323 pada fase 1 dan 1,005 pada fase 2, yang berarti data produksi tepung terigu “Palapa” pada fase 1 dan 2 sudah kapabel. Hal ini dapat dilihat dari nilai Cp yang dihasilkan lebih dari 1 ( $Cp > 1$ ).

Nilai level *Sigma* pada produksi tepung terigu “Palapa” dengan pendekatan *six Sigma* dari Motorola (*Motorola Company's six Sigma process control*) yang mengijinkan adanya pergeseran nilai rata-rata sebesar  $\pm 1,5\sigma$ , sehingga menghasilkan tingkat ketidaksesuaian sebesar 3,4 persepjuta kesempatan. Nilai DPMO yang diperoleh dari tabel konversi pada Lampiran O ditunjukkan pada Tabel 4.7

**Tabel 4.7** Nilai *Sigma* dan DPMO

	<i>Sigma</i>	DPMO
<b>Fase 1</b>	3,97	6.870
<b>Fase 2</b>	3,02	314.915

Pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa pada proses produksi fase 1 memiliki nilai level *Sigma* sebesar 3,97 lebih besar dari nilai level *sigma* pada fase 2 yaitu 3,02, artinya proses produksi pada fase 1 menghasilkan DPMO lebih kecil yaitu sebesar 6.870 kegagalan persatu juta kesempatan dibandingkan DPMO pada fase 2 yaitu menghasilkan 314.915 kegagalan persatu juta kesempatan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan level *sigma* pada fase 2, namun jika dibandingkan pada bulan Desember 2014 masih mengalami peningkatan level *sigma* walaupun masih jelek.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dipaparkan pada Bab IV, diperoleh kesimpulan bahwa terjadi pergeseran proses produksi tepung terigu “Palapa” pada fase 1 dan fase 2, dimana nilai level *sigma* pada proses produksi bulan Januari-Maret 2015 sebesar  $3,97\sigma$  lebih baik dari hasil produksi pada bulan April-Mei 2015 yaitu sebesar  $3,02\sigma$  dikarenakan adanya kebocoran pada mesin *shifter*.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan Diagram *Ishikawa* dari penyebab variabel *out of control* dan analisis dalam penelitian ini, diperoleh saran atau rekomendasi sebagai berikut.

1. Melakukan penjadwalan pada pembersihan sumber dan tandon air untuk proses produksi agar settingan *flow meter* tidak mudah berubah-ubah.
2. Sikat, *bearing* dan magnet pada mesin *roll* lebih sering dibersihkan agar dapat beroperasi dengan optimal.
3. Perlu dilakukan penggantian *cleaner* pada *box screen* tiap periode agar tidak terjadi kebocoran *shifter*.
4. Perlu melakukan penggantian kain *slave* dan *screen dry stoner* yang sudah berlubang, agar aspirasi bisa optimal.
5. Perlu dilakukan *training* kepada karyawan maupun operator untuk meningkatkan hasil proses produksi.
6. Sebaiknya perusahaan menerapkan pengendalian kualitas menggunakan statistika baik mulai dari *control process* produksi hingga uji laboratorium. Dengan begitu akan mudah untuk diketahui akar dari permasalahannya.
7. Pengendalian kualitas sebaiknya di evaluasi per bulan untuk melihat apakah kualitasnya makin turun atau naik.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

- Alt, F. B. (1985). *Multivariate Quality Control*. Dalam D.C. Montgomery. *Introduction to Statistical Quality Control Sixth Edition* (7Th ed., hal. 516). New York, United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Djauhari, M. A. (2005). *Improved Monitoring of Multivariate Process Variability*. *Journal of Quality Technology*, 37(1), 32-39
- Eko, Oktiningrum & Suhartono. (2012). *Pengontrolan Kualitas Pada Proses Pengemasan Semen (Packaging) Pt. Semen Gresik (Persero) Tbk, Di Tuban Berbasis Metode Six sigma*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Statistika.Surabaya
- Gaspersz, V. (2007). *Lean Six sigma for Manufacturing and Service Industries*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Heizer, Jay and Render, Barry. (2006). *Operations Management* (Manajemen Operasi). Edisi Ketujuh .Terjemahan oleh: Dwianoegrahwati Setyoningsih dan Indra Almahdy. Jakarta: Salemba Empat
- Johnson, R.A.,& Wichern, D.W.(2007).*Applied Multivariate Statistical Analysis* (7th ed.). New jersey, USA: *Pearson Prentice Hall*
- Karson, M. J. 1982. *Multivariate Statistical Methods First Edition*. Ames-Iowa : The Iowa State University Press.
- Kotz, S., Johnson R. A., and Norman L. (1993). *Process Capability Indices*, 1st edition, Chapman & Hall.
- Montgomery, Douglas C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control Sixth Edition*. New York: John Wiley & Sons,inc

- Morrison, D. C. (1990). *Multivariate Statistical Methods* (3rd ed.). USA: McGraw-Hill, Inc
- Walpole, Ronald E. (2011). *Pengantar Statistika* .PT. Gramedia, Jakarta.

## LAMPIRAN

### Lampiran A: Data Hasil Uji Laboratorium Produk Tepung Terigu “Palapa” Fase 1 (Periode 5 Januari – 31 Maret 2015)

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten	Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
05-Jan-15	13,12	0,56	18,85	13-Jan-15	13,83	0,52	22,78
	13,39	0,52	26,1		13,89	0,52	19,2
	13,91	0,56	25,66		13,92	0,53	23,19
	13,65	0,5	21,68		13,92	0,52	22,3
	13,34	0,5	24		13,98	0,51	23,56
	13,28	0,56	23,33		14,07	0,51	23,77
	13,57	0,55	26,84		14,25	0,49	22,78
	13,59	0,56	23,68		13,6	0,55	23,19
06-Jan-15	13,15	0,6	26,1	14-Jan-15	13,37	0,53	24
	13,15	0,6	24,24		13,44	0,52	25,01
	13,16	0,59	21,95		13,38	0,54	21,95
	13,17	0,57	23,02		13,55	0,56	21,03
	13,22	0,57	24,7		13,5	0,54	25,01
	13,27	0,56	25,36		13,27	0,52	24,06
	13,29	0,57	26,37		13,7	0,59	26,84
	13,29	0,54	22,75		13,39	0,46	26,1
07-Jan-15	13,3	0,56	22,91	19-Jan-15	13,61	0,55	21,03
	13,29	0,55	21,64		13,28	0,61	24,7
	13,31	0,56	19,97		13,78	0,61	20,98
	13,34	0,55	28,44		13,57	0,56	23,88
	13,38	0,53	21,97		13,11	0,54	24,58
	13,43	0,55	26,1		13,74	0,57	22,46
	13,44	0,54	23,25		13,51	0,56	25,14
	13,49	0,55	27,5		13,55	0,56	28,09
12-Jan-15	13,49	0,53	24,24	20-Jan-15	13,59	0,55	23,56
	13,49	0,54	20,61		13,41	0,58	24,58
	13,55	0,55	24,58		13,58	0,54	25,08
	13,55	0,55	22,3		13,11	0,56	23,77
	13,57	0,54	23,25		13,28	0,58	27,3
	13,64	0,53	23,47		13,02	0,56	23,25
	13,64	0,52	21,07		13,4	0,54	24,58
	13,67	0,53	23,47		13,54	0,5	21,13

**Lampiran A: Lanjutan**

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
19-Jan-15	13,61	0,55	21,03
	13,28	0,61	24,7
	13,78	0,61	20,98
	13,57	0,56	23,88
	13,11	0,54	24,58
	13,74	0,57	22,46
	13,51	0,56	25,14
	13,55	0,56	28,09
20-Jan-15	13,59	0,55	23,56
	13,41	0,58	24,58
	13,58	0,54	25,08
	13,11	0,56	23,77
	13,28	0,58	27,3
	13,02	0,56	23,25
	13,4	0,54	24,58
	13,54	0,5	21,13
21-Jan-15	13,95	0,56	24
	13,15	0,54	23,63
	13,28	0,55	24,68
	13,47	0,54	22,71
	13,6	0,54	26,37
	13,74	0,57	24
	13,97	0,56	25,08
	13,39	0,55	23,63
26-Jan-15	13,77	0,6	22,87
	13,7	0,58	21,03
	13,55	0,54	20,26
	13,77	0,6	24,06
	13,6	0,62	25,9
	13,54	0,51	24,58
	13,49	0,52	23,84
	13,85	0,57	20,82

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
27-Jan-15	13,79	0,55	23,84
	13,67	0,56	23,6
	13,95	0,54	21,03
	13,49	0,54	26,84
	13,43	0,53	27,3
	13,78	0,59	22,58
	13,7	0,6	21,3
	13,67	0,53	21,03
28-Jan-15	13,89	0,55	23,84
	13,82	0,46	18,75
	13,54	0,56	25,5
	13,29	0,6	24,7
	13,78	0,54	21,07
	13,11	0,55	26,84
	13,92	0,61	21,24
	13,92	0,56	25,77
02-Feb-15	13,31	0,56	17,66
	13,43	0,55	21,94
	13,55	0,58	21,13
	13,55	0,53	22,21
	13,04	0,56	20
	13,82	0,6	24
	13,02	0,54	22,87
	13,7	0,52	26,84
03-Feb-15	13,18	0,55	23,31
	13,68	0,6	23,58
	13,1	0,48	20,41
	13,66	0,56	22,94
	13,08	0,62	24,24
	13,35	0,59	27,31
	13,41	0,58	22,94
	13,48	0,57	26,37

**Lampiran A: Lanjutan**

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
04-Feb-15	13,54	0,56	23,25
	13,64	0,56	25,58
	13,83	0,56	24,07
	13,89	0,54	21,3
	13,9	0,55	20,41
	13,91	0,53	21,14
	13,95	0,48	23,22
	13,62	0,5	17,66
09-Feb-15	13,54	0,55	22,24
	14,01	0,53	24,18
	13,21	0,55	24,68
	13,45	0,53	26,37
	13,36	0,52	20,41
	13,31	0,56	21,13
	13,61	0,56	28,44
	13,29	0,59	24,24
10-Feb-15	13,29	0,53	21,95
	13,31	0,52	21,91
	13,31	0,56	27,3
	13,31	0,52	24,29
	13,45	0,59	23,88
	13,83	0,57	26,1
	13,18	0,56	21,68
	13,76	0,54	23,77
11-Feb-15	13,84	0,53	26,84
	13,49	0,54	25,9
	13,28	0,59	21,64
	13,25	0,56	24,29
	13,64	0,57	18,61
	13,65	0,54	22,29
	13,86	0,51	25,9
	13,51	0,55	24,7
Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
16-Feb-15	13,57	0,55	26,1
	13,78	0,52	25,36
	13,25	0,61	21,28
	13,92	0,55	25,79
	12,93	0,56	25,9
	13,45	0,59	23,85
	13,89	0,56	25,5
	13,57	0,6	23,45
17-Feb-15	13,52	0,53	23,85
	13,17	0,57	24,58
	13,29	0,49	23,45
	13,63	0,53	22,91
	13,42	0,48	22,58
	13,44	0,53	21,95
	13,37	0,53	23,45
	13,51	0,56	24,29
18-Feb-15	13,15	0,49	18,75
	13,97	0,56	21,97
	13,55	0,56	25,66
	13,04	0,56	22,94
	13,67	0,51	24,11
	13,11	0,52	21,46
	13,7	0,54	21,14
	13,15	0,55	23,77
23-Feb-15	12,91	0,58	23,17
	13,11	0,58	27,31
	13,12	0,57	22,24
	13,14	0,56	23,47
	13,16	0,55	23,6
	13,18	0,56	23,95
	13,2	0,55	21,97
	13,2	0,55	21,95

Lampiran A: Lanjutan

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
24-Feb-15	13,21	0,55	19,97
	13,21	0,55	22,94
	13,27	0,53	21,03
	13,27	0,53	21,3
	13,28	0,54	20,26
	13,31	0,54	24,11
	13,37	0,54	22,46
	13,39	0,54	22,98
25-Feb-15	13,41	0,55	21,46
	13,44	0,54	21,64
	13,5	0,54	25,62
	13,5	0,54	27,31
	13,55	0,53	20,98
	13,65	0,53	26,1
	13,71	0,53	25,97
	13,73	0,52	23,77
02-Mar-15	13,78	0,51	26,1
	13,82	0,51	24,7
	13,92	0,5	23,84
	13,95	0,5	23,21
	13,97	0,5	23,25
	14,07	0,49	27,5
	14,25	0,48	27,3
	13,77	0,51	25,58
03-Mar-15	13,35	0,55	27,19
	13,45	0,56	22,4
	13,45	0,53	23,84
	13,65	0,6	22,53
	13,08	0,5	24,18
	13,97	0,56	20,82
	12,93	0,54	21,13
	14,25	0,55	29,02

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
04-Mar-15	13,48	0,48	23,21
	13,43	0,54	21,97
	13,28	0,62	20,55
	13,47	0,53	21,46
	13,67	0,58	22,21
	13,11	0,61	25,26
	13,89	0,52	24,7
	13,03	0,47	29,02
09-Mar-15	13,27	0,57	25,9
	13,89	0,55	23,21
	13,31	0,54	23,95
	13,08	0,53	18,61
	13,49	0,58	27,31
	13,82	0,56	24,11
	13,49	0,53	24,18
	13,45	0,54	24,58
10-Mar-15	13,48	0,59	20,7
	13,08	0,61	25,9
	13,08	0,53	23,56
	13,66	0,54	27,31
	13,18	0,54	22,46
	13,73	0,52	24,72
	13,55	0,55	25,9
	13,43	0,51	25,36
11-Mar-15	13,35	0,58	25,66
	13,66	0,52	24,11
	13,81	0,59	21,56
	13,12	0,54	25,26
	13,89	0,53	22,12
	13,44	0,5	24,22
	13,24	0,56	22,4
	13,38	0,5	29,02

**Lampiran A: Lanjutan**

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
16-Mar-15	13,69	0,57	25,78
	13,44	0,55	23,74
	13,81	0,52	25,79
	13,35	0,59	23,82
	13,21	0,51	24,52
	13,59	0,54	22,82
	13,23	0,55	22,59
	13,12	0,54	23,1
17-Mar-15	13,75	0,56	25,62
	13,88	0,49	26,55
	13,58	0,56	21,84
	13,32	0,62	27,11
	13,69	0,48	27,07
	12,92	0,52	18,11
	13,31	0,52	20,98
	13,76	0,58	23,74
18-Mar-15	13,28	0,56	23,33
	13,57	0,55	26,84
	13,59	0,56	23,68
	13,15	0,6	26,1
	13,15	0,6	24,24
	13,16	0,59	21,95
	13,17	0,57	23,02
	13,22	0,57	24,7
23-Mar-15	13,28	0,51	22,94
	13,43	0,53	21,7
	13,31	0,55	23,11
	13,52	0,54	25,73
	12,99	0,55	24,72
	13,53	0,52	25,08
	13,31	0,52	25,53
	13,51	0,58	28,32

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
24-Mar-15	13,64	0,53	23,47
	13,64	0,52	21,07
	13,67	0,53	23,47
	13,83	0,52	22,78
	13,89	0,52	19,2
	13,92	0,53	23,19
	13,92	0,52	22,3
	13,98	0,51	23,56
25-Mar-15	13,7	0,53	22,83
	13,07	0,58	26,17
	12,88	0,53	19,56
	13,95	0,54	23,05
	13,37	0,57	22,17
	13,26	0,56	22,99
	13,35	0,53	18,49
	13,36	0,56	24,57
30-Mar-15	13,22	0,57	24,7
	13,27	0,56	25,36
	13,29	0,57	26,37
	14	0,54	22,75
	13,3	0,56	22,91
	13,29	0,55	20,65
	13,31	0,56	19,97
	13,34	0,55	28,44
31-Mar-15	13,89	0,55	21,84
	13,53	0,56	24,1
	13,23	0,57	24,18
	13,52	0,56	22,99
	13,41	0,56	24,57
	13,66	0,54	25,9
	13,46	0,55	23,26
	12,91	0,55	23,11

**Lampiran B: Data Hasil Uji Laboratorium Produk Tepung Terigu “Palapa” Fase 2 (Periode 1April – 20 Mei 2015)**

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten	Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
01-Apr-15	13,28	0,54	24,72	13-Apr-15	13,24	0,58	24,57
	13,43	0,54	22,1		13,61	0,55	24,96
	13,31	0,55	25,51		13,83	0,56	25,04
	13,52	0,54	24,11		13,15	0,57	26,81
	12,99	0,54	25,73		13,63	0,52	25,65
	13,53	0,53	22,19		13,54	0,57	24,85
	13,31	0,54	25,46		13,57	0,54	26,2
	13,51	0,54	23,05		12,6	0,51	25,78
06-Apr-15	13	0,53	24,22	14-Apr-15	13,22	0,51	19,6
	13,19	0,53	24,98		13,45	0,52	21,03
	12,96	0,53	21,7		13,28	0,5	22,93
	13,12	0,54	23,88		13,35	0,59	21,41
	14,03	0,53	22,83		13,32	0,52	23,74
	13,42	0,52	19,56		13,3	0,57	23,44
	13,71	0,53	18,49		13,53	0,58	21,5
	12,85	0,52	18,11		12,87	0,57	21,83
07-Apr-15	13,7	0,52	20,98	15-Apr-15	12,97	0,5	27,2
	13,07	0,53	25,08		13,74	0,49	25,1
	12,88	0,52	25,53		13,19	0,55	21,84
	13,95	0,51	22,94		13,2	0,55	26,18
	13,37	0,49	26,55		13,16	0,53	19,66
	13,26	0,49	21,65		13,68	0,52	19,41
	13,35	0,5	26,34		13,49	0,59	24,25
	13,36	0,48	27,07		13,69	0,58	25
08-Apr-15	12,88	0,48	23,22	20-Apr-15	13,17	0,52	26,39
	13,25	0,52	22,59		13,07	0,57	27,44
	12,94	0,55	26,76		13,36	0,57	22,97
	13,85	0,55	23,19		13,97	0,48	21,73
	12,74	0,51	23,36		13,2	0,54	23,53
	13,46	0,56	24,1		13,76	0,51	24,76
	13,62	0,56	26,99		13,52	0,52	25,67
	12,85	0,55	22,15		14,12	0,53	26,03



**Lampiran B: Lanjutan**

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
21-Apr-15	13,6	0,5	24,29
	13,23	0,54	20,64
	13,45	0,51	25,28
	13,53	0,55	25,2
	12,57	0,55	23,77
	12,85	0,54	24,65
	13,87	0,54	22,36
	14,03	0,54	24,12
22-Apr-15	13,88	0,52	24,55
	13,36	0,45	22,34
	13,4	0,55	19,54
	13,74	0,52	19,74
	13,07	0,56	24,17
	13,78	0,54	23,69
	13,71	0,53	22,1
	13,48	0,56	23,32
27-Apr-15	12,53	0,65	20,02
	12,66	0,65	20,44
	12,74	0,6	21,5
	12,78	0,59	21,74
	12,78	0,58	25,05
	12,85	0,6	21,26
	12,87	0,55	26,42
	12,93	0,58	25,71
28-Apr-15	12,94	0,52	21,43
	12,97	0,59	20,8
	12,98	0,58	25,23
	13	0,58	23,82
	13,01	0,53	26,89
	13,05	0,57	24,74
	13,06	0,57	24,82
	13,08	0,58	23,45
Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
29-Apr-15	13,08	0,58	24,57
	13,11	0,53	24,56
	13,15	0,57	21,48
	13,14	0,5	26,62
	13,16	0,57	22,07
	13,15	0,57	25,3
	13,16	0,57	25,37
	13,2	0,6	19,76
04-Mei-15	13,19	0,57	20,5
	13,19	0,56	23,09
	13,2	0,5	23,25
	13,21	0,56	21,5
	13,22	0,53	21,14
	13,23	0,56	21,41
	13,24	0,53	24,95
	13,25	0,56	23,34
05-Mei-15	13,25	0,55	21,68
	13,27	0,56	19,57
	13,28	0,58	21,29
	13,27	0,57	24,1
	13,29	0,56	26,99
	13,3	0,54	25,04
	13,32	0,5	26,53
	13,32	0,55	21,17
06-Mei-15	13,34	0,56	25,34
	13,35	0,5	21,99
	13,34	0,55	21,55
	13,36	0,53	30,12
	13,36	0,54	25,72
	13,35	0,55	21,19
	13,36	0,55	20,54
	13,37	0,5	23,83

Lampiran B: Lanjutan

Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
11-Mei-15	13,41	0,55	26,76
	13,41	0,56	23,19
	13,41	0,55	22,15
	13,42	0,53	24,96
	13,43	0,54	26,43
	13,44	0,51	23,58
	13,46	0,54	23,01
	13,46	0,53	24,39
12-Mei-15	13,48	0,54	20,98
	13,5	0,54	24,42
	13,5	0,55	24,26
	13,51	0,54	25,88
	13,51	0,53	20,1
	13,54	0,54	16,48
	13,55	0,53	23,5
	13,56	0,52	21,1
13-Mei-15	13,57	0,53	22,96
	13,58	0,55	25,19
	13,6	0,53	22,22
	13,59	0,48	27,81
	13,61	0,52	27,73
	13,6	0,53	24,63
	13,61	0,51	25,4
	13,62	0,53	20,15
Tanggal	Moisture	Ash	Gluten
18-Mei-15	13,62	0,52	24,57
	13,61	0,5	20,35
	13,64	0,52	21,9
	13,66	0,53	16,99
	13,68	0,5	23,72
	13,69	0,52	22,59
	13,72	0,44	23,23
	13,71	0,51	24,74
19-Mei-15	13,72	0,52	28,22
	13,73	0,51	23,34
	13,76	0,51	23,36
	13,78	0,5	24,36
	13,81	0,51	20,27
	13,83	0,5	22,72
	13,85	0,5	23,75
	13,9	0,48	23,74
20-Mei-15	13,94	0,51	22,18
	13,72	0,44	23,23
	14,11	0,49	24,82
	13,31	0,54	25,46
	12,85	0,55	22,15
	13,24	0,58	24,57
	13,61	0,55	24,96
	13,83	0,56	25,04

### **Lampiran C : *Output SPSS Uji Bartlett***

#### **(1) *Output Uji Bartlett Fase 1***

##### **KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,477
Approx. Chi-Square		16,792
Bartlett's Test of Sphericity	df	3
Sig.		,001

#### **(2) *Output Uji Bartlett Fase 2***

##### **KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,491
Approx. Chi-Square		39,207
Bartlett's Test of Sphericity	df	3
Sig.		,000

## Lampiran D : *Output Minitab* Uji Distribusi Normal Multivariat Fasel

MTB > %D:\multinormal.txt C1-C3

Executing from file: D:\multinormal.txt

No	di
1	6,2557
2	2,6252
3	3,4317
4	3,2147
5	3,4175
6	0,6672
7	2,1526
8	0,3924
9	5,0721
10	3,9487
11	3,4897
12	1,6754
13	1,5281
14	1,3653
15	2,4646
16	0,7998
17	0,656
18	1,2729
19	3,2419
20	5,2239
21	1,0941
22	1,3329
23	0,138
24	3,0828
25	0,4465
26	1,908
27	0,2297
28	0,4581

No	di
29	0,1405
30	0,5017
31	2,2412
32	0,6051
33	2,0577
34	6,6199
35	2,4603
36	3,1025
37	3,8171
38	4,9112
39	9,3608
40	0,2363
41	0,7167
42	1,4735
43	0,7935
44	1,7937
45	0,4672
46	1,9562
47	4,935
48	11,397
49	1,7056
50	4,7036
51	8,7941
52	0,3344
53	2,4651
54	2,1682
55	0,6362
56	4,2124

No	di
57	0,1557
58	1,363
59	0,5517
60	1,9067
61	4,214
62	2,864
63	0,4318
64	3,6097
65	3,3121
66	1,7748
67	0,8571
68	0,2337
69	1,6932
70	1,7465
71	3,831
72	0,1359
73	5,4217
74	3,952
75	2,4336
76	5,1278
77	7,5463
78	1,8103
79	0,8937
80	4,8028
81	1,2373
82	0,7489
83	4,331
84	2,2385

No	di
85	3,4271
86	4,3723
87	6,0076
88	2,0173
89	2,1816
90	13,253
91	0,9106
92	3,4426
93	2,5494
94	4,3139
95	10,381
96	3,6284
97	7,8181
98	0,6337
99	2,94
100	0,7229
101	5,0819
102	5,6773
103	3,2774
104	3,2896
105	1,2761
106	4,3487
107	10,271
108	0,8389
109	6,9622
110	4,7037
111	1,3605
112	2,0337

**Lampiran D :Lanjutan**

No	di	No	di	No	di	No	di
113	0,3069	141	6,746	169	4,8004	197	4,4716
114	1,2578	142	0,7326	170	5,4257	198	9,5455
115	1,9597	143	3,7294	171	2,3668	199	12,867
116	3,3321	144	0,241	172	1,6158	200	2,8999
117	4,783	145	1,3015	173	1,4441	201	2,9762
118	3,7288	146	2,1436	174	1,325	202	0,5291
119	6,456	147	5,9648	175	1,5867	203	0,4292
120	9,4854	148	3,2642	176	1,5994	204	4,5296
121	0,4743	149	5,3524	177	3,6026	205	6,1668
122	3,4631	150	2,0982	178	1,0989	206	5,6303
123	1,3294	151	3,0983	179	2,4007	207	5,4733
124	2,0868	152	3,6568	180	2,1483	208	12,856
125	3,175	153	0,3456	181	2,8931	209	5,3574
126	1,7775	154	1,8241	182	0,6555	210	0,6619
127	4,9855	155	5,0333	183	0,5454	211	8,3425
128	2,3029	156	0,5735	184	0,3056	212	1,2635
129	1,5389	157	5,7372	185	1,0401	213	2,6083
130	2,0374	158	0,9395	186	0,8874	214	5,8008
131	3,3553	159	0,6605	187	0,8999	215	2,5871
132	1,7483	160	0,2825	188	2,9037	216	19,369
133	2,0986	161	10,489	189	1,734	217	2,078
134	3,5238	162	4,4038	190	1,7852	218	2,2726
135	1,9919	163	1,0498	191	1,868	219	0,62
136	0,91	164	2,6763	192	1,271	220	7,5926
137	3,6186	165	1,7496	193	3,4315	221	3,8234
138	1,1588	166	4,0766	194	2,6296	222	1,8677
139	3,1915	167	1,9261	195	3,9683	223	0,43
140	0,9253	168	1,5494	196	4,278	224	0,3097

Lampiran D :Lanjutan

No	di	No	di	No	di	No	di
225	4,1964	245	3,5782	265	2,688	285	1,1429
226	6,5204	246	0,2914	266	1,1353	286	0,829
227	3,0209	247	1,0654	267	0,4683	287	5,8799
228	3,0777	248	2,0804	268	0,9858	288	0,5249
229	1,6814	249	1,9133	269	3,6936	289	1,5281
230	1,5131	250	6,4946	270	1,3342	290	1,3653
231	1,0817	251	1,115	271	2,5273	291	2,4646
232	2,5889	252	8,1088	272	5,521	292	3,5687
233	2,074	253	7,8921	273	0,5017	293	0,656
234	1,0476	254	11,409	274	2,2412	294	2,2531
235	5,524	255	2,7879	275	0,6051	295	3,2419
236	2,7887	256	2,7199	276	2,0577	296	5,2239
237	2,6481	257	0,6672	277	6,6199	297	3,0378
238	2,9385	258	2,1526	278	2,4603	298	0,2711
239	1,1532	259	0,3924	279	3,1025	299	1,2861
240	9,7777	260	5,0721	280	3,8171	300	0,335
241	2,1459	261	3,9487	281	0,8689	301	0,4047
242	0,0422	262	3,4897	282	4,3207	302	1,3769
243	2,6684	263	1,6754	283	8,6857	303	0,0479
244	2,1139	264	1,5281	284	2,8113	304	4,4725

Scatterplot of q vs dd  
Data Display

t 0,513158

## Lampiran E : *Output Minitab* Uji Distribusi Normal Multivariat Fase 2

MTB > %D:multinormal.txt c1-c3

Executing from file: D:multinormal.txt

No	di	No	di	No	di	No	di
1	0,3518	29	7,3976	57	2,5193	85	4,1716
2	0,4211	30	1,0343	58	4,5368	86	5,096
3	0,9864	31	4,6607	59	1,2243	87	3,9871
4	0,3993	32	3,0711	60	5,4242	88	3,5932
5	2,4297	33	2,1408	61	0,2992	89	4,4156
6	0,5832	34	1,6969	62	1,8298	90	4,041
7	0,7602	35	4,8481	63	1,1677	91	2,9406
8	0,3014	36	3,4446	64	7,5157	92	2,1717
9	1,995	37	1,5168	65	1,4569	93	3,7736
10	0,9202	38	2,7165	66	1,8127	94	1,7492
11	3,1453	39	2,0213	67	1,2046	95	1,7558
12	0,6867	40	10,552	68	1,3601	96	1,8543
13	4,7015	41	5,0146	69	6,6246	97	2,1911
14	3,5195	42	1,6067	70	3,2018	98	1,2019
15	5,8643	43	2,2941	71	3,227	99	1,7019
16	10,84	44	3,6509	72	5,4275	100	4,5327
17	2,3077	45	0,4849	73	2,7147	101	1,3407
18	1,7115	46	1,0767	74	9,945	102	1,8462
19	4,5743	47	3,5903	75	3,0574	103	1,8875
20	3,266	48	2,9641	76	4,0527	104	5,8553
21	3,9654	49	7,0105	77	1,0584	105	2,4959
22	4,4203	50	2,7944	78	2,1068	106	0,571
23	2,9188	51	0,8337	79	1,5072	107	2,7535
24	5,7233	52	1,7164	80	0,994	108	1,187
25	9,8286	53	3,8159	81	14,951	109	1,6436
26	0,9953	54	4,2209	82	13,646	110	1,2232
27	3,7416	55	4,3897	83	5,7329	111	0,696
28	3,4976	56	5,5122	84	4,5681	112	0,4852

**Lampiran E :Lanjutan *Output Minitab* Uji Distribusi Normal Multivariat Fase2**

No	di	No	di	No	di	No	di
113	0,7893	129	2,4455	145	0,4395	161	5,371
114	3,1993	130	0,7093	146	1,6482	162	1,4164
115	2,4919	131	0,5418	147	0,8201	163	1,5915
116	1,1679	132	0,4334	148	6,0216	164	2,1425
117	3,0499	133	1,7505	149	3,9064	165	4,0409
118	0,4907	134	0,7658	150	0,7599	166	2,5529
119	3,233	135	0,1631	151	1,467	167	2,5194
120	1,1106	136	0,2305	152	2,7345	168	4,0823
121	1,3258	137	1,34	153	0,8377	169	3,447
122	2,4337	138	0,4249	154	3,6623	170	9,421
123	0,8134	139	0,7108	155	1,2679	171	5,7277
124	8,2527	140	1,4216	156	8,862	172	0,7602
125	0,9566	141	2,4384	157	1,6031	173	3,0711
126	1,0977	142	9,6125	158	1,1659	174	2,1408
127	1,7341	143	0,3096	159	9,421	175	1,6969
128	1,6727	144	1,6453	160	1,527	176	4,8481

**Scatterplot of q vs dd  
Data Display**

t 0,517045



## Lampiran F : *Output SPSS* Homogentitas Matrik Varian Kovarian

### (1) *Output* Homogentitas Matrik Varian Kovarian Fase 1

#### Box's Test of Equality of Covariance Matrices<sup>a</sup>

Box's M	8,575
F	1,414
df1	6
df2	660798,792
Sig.	,205

### (2) *Output* Homogentitas Matrik Varian Kovarian Fase 2

#### Box's Test of Equality of Covariance Matrices<sup>a</sup>

Box's M	12,064
F	1,973
df1	6
df2	219358,189
Sig.	,066

**Lampiran G : *Output Minitab* Nilai K Pada Kapabilitas  
Proses Multivariat Fase1**

No	Nilai Ki
1	0,0272
2	0,0272
3	0,0157
4	0,0429
5	0,0067
6	0,0497
7	0,0278
8	0,0775
9	0,0165
10	0,0939
11	0,0067
12	0,1006
13	0,0138
14	0,1144
15	0,005
16	0,1194
17	0,0068
18	0,1262
19	0,0081
20	0,1343
21	0,0188
22	0,1531
23	0,0294
24	0,1826
25	0,0081
26	0,1907
27	0,0108
28	0,2015

No	Nilai Ki
29	0,0051
30	0,2066
31	0,019
32	0,2256
33	0,0073
34	0,2329
35	0,0146
36	0,2475
37	0,0053
38	0,2528
39	0,007
40	0,2598
41	0,006
42	0,2657
43	0,0088
44	0,2746
45	0,0199
46	0,2944
47	0,0093
48	0,3037
49	0,0062
50	0,3099
51	0,0115
52	0,3214
53	0,0071
54	0,3285
55	0,0131
56	0,3416

No	Nilai Ki
57	0,007
58	0,3486
59	0,0077
60	0,3564
61	0,0177
62	0,374
63	0,0574
64	0,4315
65	0,0131
66	0,4446
67	0,0342
68	0,4788
69	0,0313
70	0,51
71	0,005
72	0,515
73	0,0069
74	0,5219
75	0,0085
76	0,5304
77	0,007
78	0,5374
79	0,023
80	0,5605
81	0,0049
82	0,5653
83	0,0121
84	0,5775

No	Nilai Ki
85	0,0074
86	0,5849
87	0,0088
88	0,5936
89	0,0278
90	0,6215
91	0,0096
92	0,6311
93	0,0059
94	0,637
95	0,0265
96	0,6635
97	0,0056
98	0,6692
99	0,0048
100	0,6739
101	0,0067
102	0,6806
103	0,0059
104	0,6865
105	0,0123
106	0,6989
107	0,0055
108	0,7044
109	0,0058
110	0,7102
111	0,0047
112	0,7149

**Lampiran G : Lanjutan**

No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki
113	0,0164	141	0,0243	169	0,0507	197	0,021
114	0,7312	142	0,9635	170	1,2209	198	1,4318
115	0,0177	143	0,0173	171	0,0304	199	0,0085
116	0,7489	144	0,9808	172	1,2514	200	1,4403
117	0,0178	145	0,0405	173	0,0121	201	0,0153
118	0,7668	146	1,0213	174	1,2634	202	1,4556
119	0,0141	147	0,0075	175	0,0139	203	0,0082
120	0,7809	148	1,0288	176	1,2773	204	1,4638
121	0,0337	149	0,0174	177	0,0071	205	0,0102
122	0,8146	150	1,0462	178	1,2844	206	1,474
123	0,016	151	0,0098	179	0,015	207	0,0075
124	0,8306	152	1,0561	180	1,2995	208	1,4815
125	0,01	153	0,0188	181	0,0073	209	0,0189
126	0,8406	154	1,0748	182	1,3067	210	1,5004
127	0,0178	155	0,0133	183	0,0145	211	0,0102
128	0,8583	156	1,0882	184	1,3212	212	1,5106
129	0,0058	157	0,0049	185	0,0168	213	0,0228
130	0,8642	158	1,0931	186	1,3381	214	1,5334
131	0,005	159	0,0222	187	0,012	215	0,0078
132	0,8692	160	1,1153	188	1,3501	216	1,5411
133	0,021	161	0,0055	189	0,0251	217	0,0357
134	0,8902	162	1,1207	190	1,3752	218	1,5768
135	0,0153	163	0,0162	191	0,0191	219	0,009
136	0,9055	164	1,137	192	1,3943	220	1,5858
137	0,0207	165	0,0272	193	0,0071	221	0,0261
138	0,9262	166	1,1642	194	1,4014	222	1,6119
139	0,013	167	0,006	195	0,0094	223	0,0056
140	0,9392	168	1,1702	196	1,4108	224	1,6174

**Lampiran G : Lanjutan**

No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki
225	0,0099	253	0,0059	281	0,014	309	0,0049
226	1,6273	254	1,8494	282	2,0205	310	2,1667
227	0,0169	255	0,0055	283	0,0051	311	0,0236
228	1,6442	256	1,8548	284	2,0255	312	2,1903
229	0,0397	257	0,0341	285	0,0057	313	0,0221
230	1,684	258	1,889	286	2,0313	314	2,2124
231	0,0087	259	0,012	287	0,005	315	0,005
232	1,6926	260	1,9009	288	2,0363	316	2,2174
233	0,02	261	0,0083	289	0,0092	317	0,0073
234	1,7126	262	1,9092	290	2,0456	318	2,2246
235	0,0153	263	0,0093	291	0,0088	319	0,0059
236	1,7279	264	1,9186	292	2,0543	320	2,2306
237	0,0064	265	0,0181	293	0,009	321	0,025
238	1,7342	266	1,9367	294	2,0633	322	2,2555
239	0,0185	267	0,0079	295	0,0184	323	0,0465
240	1,7527	268	1,9445	296	2,0818	324	2,302
241	0,0073	269	0,0149	297	0,0151	325	0,0048
242	1,76	270	1,9595	298	2,0968	326	2,3068
243	0,0128	271	0,006	299	0,0138	327	0,0178
244	1,7728	272	1,9654	300	2,1107	328	2,3246
245	0,0205	273	0,0163	301	0,0137	329	0,005
246	1,7933	274	1,9817	302	2,1244	330	2,3297
247	0,0094	275	0,0054	303	0,0141	331	0,0147
248	1,8027	276	1,9872	304	2,1385	332	2,3444
249	0,0318	277	0,0102	305	0,0156	333	0,0091
250	1,8345	278	1,9974	306	2,1541	334	2,3535
251	0,009	279	0,0091	307	0,0077	335	0,0166
252	1,8435	280	2,0065	308	2,1618	336	2,3701

Lampiran G : Lanjutan

No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki
337	0,0165	361	0,0113	385	0,0108	409	0,0068
338	2,3866	362	2,5804	386	2,7076	410	2,875
339	0,0128	363	0,0068	387	0,0267	411	0,0126
340	2,3994	364	2,5872	388	2,7343	412	2,8876
341	0,0176	365	0,0057	389	0,0141	413	0,0188
342	2,417	366	2,5929	390	2,7484	414	2,9064
343	0,0093	367	0,0046	391	0,0116	415	0,0294
344	2,4262	368	2,5975	392	2,7599	416	2,9359
345	0,0171	369	0,0103	393	0,0106	417	0,0127
346	2,4434	370	2,6078	394	2,7705	418	2,9486
347	0,0189	371	0,0097	395	0,007	419	0,0052
348	2,4622	372	2,6175	396	2,7775	420	2,9538
349	0,008	373	0,005	397	0,0299	421	0,0109
350	2,4702	374	2,6225	398	2,8074	422	2,9646
351	0,0496	375	0,0094	399	0,0071	423	0,0059
352	2,5199	376	2,632	400	2,8145	424	2,9705
353	0,0084	377	0,0101	401	0,0121	425	0,0066
354	2,5283	378	2,6421	402	2,8266	426	2,9771
355	0,0047	379	0,0126	403	0,0105	427	0,0103
356	2,533	380	2,6547	404	2,8371	428	2,9874
357	0,0187	381	0,0125	405	0,0177	429	0,0048
358	2,5517	382	2,6672	406	2,8548	430	2,9922
359	0,0174	383	0,0296	407	0,0135	431	0,0078
360	2,5691	384	2,6968	408	2,8682	432	3

Data Display

Matrix k  
k 3

**Lampiran H : *Output Minitab* Nilai K Pada Kapabilitas  
Proses Multivariat Fase2**

No	Nilai Ki
1	0,0106
2	0,0106
3	0,0114
4	0,022
5	0,0155
6	0,0375
7	0,0082
8	0,0457
9	0,0213
10	0,0671
11	0,0128
12	0,0799
13	0,014
14	0,0938
15	0,0087
16	0,1026
17	0,0104
18	0,113
19	0,0122
20	0,1252
21	0,0101
22	0,1353
23	0,0097
24	0,1449
25	0,0212
26	0,1662
27	0,0334
28	0,1996

No	Nilai Ki
29	0,0561
30	0,2558
31	0,0376
32	0,2934
33	0,0279
34	0,3213
35	0,0139
36	0,3352
37	0,0193
38	0,3546
39	0,0306
40	0,3852
41	0,0414
42	0,4266
43	0,0247
44	0,4513
45	0,0321
46	0,4833
47	0,0557
48	0,539
49	0,019
50	0,558
51	0,0094
52	0,5674
53	0,036
54	0,6034
55	0,0106
56	0,6139

No	Nilai Ki
57	0,0085
58	0,6224
59	0,0111
60	0,6335
61	0,0223
62	0,6558
63	0,0171
64	0,6728
65	0,0275
66	0,7003
67	0,0097
68	0,71
69	0,0092
70	0,7192
71	0,0386
72	0,7578
73	0,019
74	0,7768
75	0,0146
76	0,7914
77	0,0164
78	0,8078
79	0,0261
80	0,8339
81	0,0294
82	0,8633
83	0,0203
84	0,8836

No	Nilai Ki
85	0,0164
86	0,9
87	0,0395
88	0,9395
89	0,0097
90	0,9492
91	0,018
92	0,9672
93	0,0282
94	0,9954
95	0,0316
96	1,027
97	0,0241
98	1,0511
99	0,0491
100	1,1002
101	0,0176
102	1,1178
103	0,0679
104	1,1856
105	0,0085
106	1,1941
107	0,0234
108	1,2176
109	0,0182
110	1,2357
111	0,0224
112	1,2582

**Lampiran H : Lanjutan**

No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki
113	0,0254	141	0,0167	169	0,0142	197	0,0154
114	1,2835	142	1,6139	170	1,9739	198	2,2703
115	0,019	143	0,0111	171	0,0204	199	0,0737
116	1,3025	144	1,625	172	1,9943	200	2,3439
117	0,0198	145	0,0333	173	0,0118	201	0,015
118	1,3223	146	1,6583	174	2,0061	202	2,3589
119	0,0111	147	0,0108	175	0,0139	203	0,0178
120	1,3334	148	1,6691	176	2,02	204	2,3767
121	0,0258	149	0,027	177	0,0148	205	0,023
122	1,3592	150	1,6961	178	2,0348	206	2,3998
123	0,0171	151	0,0336	179	0,0367	207	0,0189
124	1,3763	152	1,7297	180	2,0714	208	2,4186
125	0,0161	153	0,024	181	0,0334	209	0,0231
126	1,3924	154	1,7536	182	2,1048	210	2,4417
127	0,0131	155	0,0268	183	0,019	211	0,012
128	1,4055	156	1,7804	184	2,1238	212	2,4537
129	0,0195	157	0,0268	185	0,0307	213	0,0123
130	1,4251	158	1,8073	186	2,1545	214	2,466
131	0,067	159	0,069	187	0,0118	215	0,0114
132	1,492	160	1,8762	188	2,1663	216	2,4774
133	0,034	161	0,0335	189	0,0336	217	0,0195
134	1,526	162	1,9098	190	2,1999	218	2,4969
135	0,0425	163	0,0151	191	0,0178	219	0,0148
136	1,5685	164	1,9248	192	2,2177	220	2,5117
137	0,0186	165	0,0147	193	0,0168	221	0,0086
138	1,5871	166	1,9395	194	2,2346	222	2,5203
139	0,01	167	0,0201	195	0,0203	223	0,0097
140	1,5971	168	1,9596	196	2,2548	224	2,5299

Lampiran H : Lanjutan

No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki	No	Nilai Ki
225	0,0189	233	0,0282	241	0,0339	249	0,0171
226	2,5489	234	2,6092	242	2,7627	250	2,9536
227	0,0087	235	0,0873	243	0,1048	251	0,0275
228	2,5575	236	2,6965	244	2,8676	252	2,9811
229	0,0088	237	0,0096	245	0,055	253	0,0097
230	2,5663	238	2,7062	246	2,9226	254	2,9908
231	0,0147	239	0,0227	247	0,014	255	0,0092
232	2,581	240	2,7288	248	2,9365		

Data Display

Matrix k  
k        3



**Lampiran I : *Output Minitab* Nilai A Pada Kapabilitas Proses Multivariat Fase1**

No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai
1	0,0228	28	0,1372	55	0,0084	82	0,3754
2	0,0228	29	0,0005	56	0,2123	83	0,0075
3	0,0112	30	0,1377	57	0,0024	84	0,3828
4	0,034	31	0,0143	58	0,2147	85	0,0027
5	0,0018	32	0,152	59	0,0033	86	0,3855
6	0,0358	33	0,0027	60	0,218	87	0,0044
7	0,0232	34	0,1547	61	0,0128	88	0,3899
8	0,0589	35	0,0099	62	0,2308	89	0,0232
9	0,012	36	0,1647	63	0,053	90	0,4131
10	0,0709	37	0,0006	64	0,2838	91	0,0053
11	0,0022	38	0,1653	65	0,0084	92	0,4184
12	0,0731	39	0,0023	66	0,2922	93	0,0013
13	0,0091	40	0,1676	67	0,0295	94	0,4197
14	0,0822	41	0,0013	68	0,3217	95	0,0219
15	0,0003	42	0,1689	69	0,0263	96	0,4417
16	0,0824	43	0,0041	70	0,3481	97	0,0007
17	0,0023	44	0,1731	71	0,0003	98	0,4423
18	0,0847	45	0,0152	72	0,3484	99	0,0003
19	0,0036	46	0,1882	73	0,0025	100	0,4427
20	0,0883	47	0,0046	74	0,3508	101	0,0021
21	0,0143	48	0,1928	75	0,0037	102	0,4448
22	0,1026	49	0,0016	76	0,3545	103	0,0013
23	0,0249	50	0,1945	77	0,0023	104	0,4461
24	0,1274	51	0,0069	78	0,3569	105	0,0076
25	0,0036	52	0,2014	79	0,0183	106	0,4538
26	0,131	53	0,0026	80	0,3752	107	0,0007
27	0,0062	54	0,2039	81	0,0002	108	0,4544

**Lampiran I :Lanjutan**

No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai
109	0,0008	136	0,5887	163	0,0114	190	0,933
110	0,4553	137	0,0161	164	0,7549	191	0,0145
111	0,0001	138	0,6047	165	0,023	192	0,9475
112	0,4554	139	0,0081	166	0,7778	193	0,0026
113	0,0115	140	0,6128	167	0,0013	194	0,9502
114	0,4668	141	0,0195	168	0,7791	195	0,0049
115	0,0129	142	0,6323	169	0,0462	196	0,9551
116	0,4797	143	0,0126	170	0,8252	197	0,0164
117	0,0132	144	0,6449	171	0,0258	198	0,9715
118	0,4929	145	0,0359	172	0,851	199	0,004
119	0,0092	146	0,6809	173	0,0074	200	0,9755
120	0,5021	147	0,0029	174	0,8585	201	0,0106
121	0,0288	148	0,6838	175	0,0092	202	0,9861
122	0,5309	149	0,0127	176	0,8676	203	0,0033
123	0,0114	150	0,6965	177	0,0024	204	0,9894
124	0,5424	151	0,0052	178	0,8701	205	0,0058
125	0,0054	152	0,7017	179	0,0101	206	0,9952
126	0,5477	153	0,0144	180	0,8802	207	0,0027
127	0,0129	154	0,716	181	0,0028	208	0,9979
128	0,5606	155	0,0084	182	0,883	209	0,0141
129	0,001	156	0,7244	183	0,0099	210	1,012
130	0,5616	157	0,0005	184	0,8929	211	0,0056
131	0,0003	158	0,725	185	0,0123	212	1,0175
132	0,5619	159	0,0175	186	0,9052	213	0,0182
133	0,0161	160	0,7425	187	0,0074	214	1,0357
134	0,578	161	0,001	188	0,9127	215	0,0032
135	0,0106	162	0,7435	189	0,0203	216	1,0389

**Lampiran I :Lanjutan**

No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai
217	0,0309	244	1,2048	271	0,0015	298	1,4058
218	1,0698	245	0,0161	272	1,3335	299	0,0091
219	0,0042	246	1,2209	273	0,0118	300	1,4149
220	1,0741	247	0,0047	274	1,3453	301	0,009
221	0,0213	248	1,2256	275	0,0009	302	1,4239
222	1,0954	249	0,0273	276	1,3463	303	0,0094
223	0,0009	250	1,253	277	0,0058	304	1,4333
224	1,0963	251	0,0044	278	1,352	305	0,011
225	0,0052	252	1,2574	279	0,0046	306	1,4443
226	1,1014	253	0,0013	280	1,3566	307	0,0028
227	0,0122	254	1,2587	281	0,0095	308	1,4472
228	1,1136	255	0,0008	282	1,3662	309	0,0003
229	0,0351	256	1,2595	283	0,0006	310	1,4475
230	1,1487	257	0,0298	284	1,3667	311	0,0192
231	0,0038	258	1,2893	285	0,0012	312	1,4667
232	1,1525	259	0,007	286	1,3679	313	0,0174
233	0,0156	260	1,2963	287	0,0005	314	1,4841
234	1,1681	261	0,0036	288	1,3684	315	0,0001
235	0,0106	262	1,2999	289	0,0046	316	1,4842
236	1,1787	263	0,005	290	1,373	317	0,0026
237	0,0015	264	1,3049	291	0,0042	318	1,4869
238	1,1802	265	0,0134	292	1,3772	319	0,0013
239	0,0137	266	1,3182	293	0,0044	320	1,4882
240	1,1939	267	0,0035	294	1,3816	321	0,0202
241	0,0027	268	1,3218	295	0,0138	322	1,5084
242	1,1965	269	0,0102	296	1,3954	323	0,042
243	0,0083	270	1,332	297	0,0104	324	1,5505

Lampiran I :Lanjutan

No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai
325	0,0004	352	1,7037	379	0,008	406	1,9152
326	1,5509	353	0,0036	380	1,7746	407	0,0085
327	0,0131	354	1,7074	381	0,008	408	1,9237
328	1,564	355	0,0036	382	1,7826	409	0,0023
329	0,0006	356	1,7074	383	0,0248	410	1,926
330	1,5645	357	0,014	384	1,8074	411	0,0081
331	0,01	358	1,7214	385	0,006	412	1,9341
332	1,5745	359	0,0127	386	1,8135	413	0,0143
333	0,0044	360	1,7341	387	0,0223	414	1,9483
334	1,5789	361	0,0069	388	1,8357	415	0,0249
335	0,0121	362	1,741	389	0,0099	416	1,9732
336	1,591	363	0,0021	390	1,8456	417	0,0078
337	0,0118	364	1,7431	391	0,0066	418	1,981
338	1,6028	365	0,0012	392	1,8522	419	0,0005
339	0,0081	366	1,7444	393	0,006	420	1,9815
340	1,611	367	0,0002	394	1,8582	421	0,0063
341	0,0126	368	1,7445	395	0,0025	422	1,9879
342	1,6236	369	0,0059	396	1,8607	423	0,0012
343	0,0049	370	1,7504	397	0,0254	424	1,9891
344	1,6285	371	0,0051	398	1,8861	425	0,002
345	0,0123	372	1,7556	399	0,0025	426	1,991
346	1,6408	373	0,0005	400	1,8885	427	0,0055
347	0,0143	374	1,756	401	0,0076	428	1,9966
348	1,6551	375	0,0048	402	1,8961	429	0,0002
349	0,0035	376	1,7608	403	0,006	430	1,9967
350	1,6586	377	0,0057	404	1,9021	431	0,0035
351	0,0451	378	1,7666	405	0,0131	432	2,0003

Data Display

Matrix A  
A        2,00028

**Lampiran J : *Output Minitab* Nilai A Pada Kapabilitas Proses Multivariat Fase2**

**Lampiran J : Lanjutan**

No	Nilai Ai
1	0,0028
2	0,0028
3	0,0035
4	0,0064
5	0,0076
6	0,014
7	0,0002
8	0,0142
9	0,0137
10	0,028
11	0,0049
12	0,0329
13	0,0061
14	0,039
15	0,0008
16	0,0399
17	0,0029
18	0,0428
19	0,0046
20	0,0474
21	0,0027
22	0,0501
23	0,002
24	0,0522
25	0,0129
26	0,0651
27	0,0258
28	0,0909

No	Nilai Ai
29	0,0482
30	0,1391
31	0,0305
32	0,1696
33	0,02
34	0,1896
35	0,0064
36	0,196
37	0,012
38	0,208
39	0,0224
40	0,2304
41	0,0338
42	0,2642
43	0,0173
44	0,2815
45	0,0244
46	0,3059
47	0,0481
48	0,3539
49	0,012
50	0,3659
51	0,0018
52	0,3677
53	0,0283
54	0,3961
55	0,0023
56	0,3983

No	Nilai Ai
57	0,0014
58	0,3997
59	0,003
60	0,4028
61	0,014
62	0,4168
63	0,0097
64	0,4265
65	0,0195
66	0,446
67	0,0015
68	0,4475
69	0,0008
70	0,4483
71	0,0307
72	0,479
73	0,011
74	0,49
75	0,0064
76	0,4964
77	0,0084
78	0,5048
79	0,019
80	0,5238
81	0,022
82	0,5458
83	0,0126
84	0,5583

No	Nilai Ai
85	0,0089
86	0,5672
87	0,0315
88	0,5987
89	0,002
90	0,6007
91	0,0101
92	0,6108
93	0,0201
94	0,6309
95	0,0241
96	0,655
97	0,0164
98	0,6715
99	0,0412
100	0,7127
101	0,0096
102	0,7223
103	0,0599
104	0,7822
105	0,0008
106	0,783
107	0,0154
108	0,7984
109	0,0103
110	0,8087
111	0,0139
112	0,8226

**Lampiran J : Lanjutan**

No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai
113	0,0175	141	0,0087	169	0,0067	197	0,0076
114	0,8401	142	1,0606	170	1,3123	198	1,4996
115	0,0114	143	0,0031	171	0,0127	199	0,0657
116	0,8515	144	1,0637	172	1,325	200	1,5653
117	0,012	145	0,0255	173	0,0041	201	0,0071
118	0,8635	146	1,0892	174	1,3291	202	1,5725
119	0,003	147	0,0032	175	0,0061	203	0,01
120	0,8665	148	1,0924	176	1,3352	204	1,5824
121	0,0187	149	0,0193	177	0,007	205	0,0153
122	0,8852	150	1,1117	178	1,3422	206	1,5977
123	0,0097	151	0,0261	179	0,0289	207	0,0113
124	0,8948	152	1,1378	180	1,3712	208	1,609
125	0,0079	153	0,0162	181	0,0255	209	0,015
126	0,9027	154	1,154	182	1,3966	210	1,624
127	0,0047	155	0,0189	183	0,0111	211	0,004
128	0,9074	156	1,1729	184	1,4077	212	1,628
129	0,0113	157	0,019	185	0,0227	213	0,0045
130	0,9187	158	1,1919	186	1,4304	214	1,6325
131	0,0597	159	0,0611	187	0,004	215	0,0035
132	0,9784	160	1,2529	188	1,4344	216	1,636
133	0,0262	161	0,0258	189	0,0259	217	0,0115
134	1,0046	162	1,2787	190	1,4603	218	1,6475
135	0,0346	163	0,0073	191	0,0101	219	0,0071
136	1,0392	164	1,286	192	1,4704	220	1,6546
137	0,0109	165	0,0073	193	0,0088	221	0,0007
138	1,0501	166	1,2933	194	1,4793	222	1,6553
139	0,0018	167	0,0123	195	0,0128	223	0,0018
140	1,0519	168	1,3056	196	1,492	224	1,6571

**LampiranJ : Lanjutan**

No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai	No	Nilai Ai
225	0,0111	233	0,0204	241	0,0258	249	0,0097
226	1,6682	234	1,6967	242	1,8186	250	1,9785
227	0,0007	235	0,0795	243	0,0973	251	0,0195
228	1,6689	236	1,7762	244	1,9159	252	1,998
229	0,0008	237	0,0017	245	0,0468	253	0,0015
230	1,6696	238	1,778	246	1,9627	254	1,9995
231	0,0067	239	0,0149	247	0,0061	255	0,0008
232	1,6763	240	1,7928	248	1,9688	256	2,0003

**Data Display**

Matrix A  
A        2,00033

## Lampiran K : Macro *Minitab* Uji Distribusi Normal Multivariat

<pre> macro qq x.1-x.p mconstant i n p t chis mcolumn d x.1-x.p dd pi q ss tt mmatrix s sinv ma mb mc md let n=count(x.1) cova x.1-x.p s invert s sinv do i=1:p   let x.i=x.i-mean(x.i) enddo do i=1:n   copy x.1-x.p ma;   use i.   transpose ma mb   multiply ma sinv mc   multiply mc mb md   copy md tt   let t=tt(1)   let d(i)=t enddo set pi   1:n end let pi=(pi-0.5)/n </pre>	<pre> sort d dd invcdf pi q; chis p. plot q*dd invcdf 0.5 chis; chis p. let ss=dd&lt;chis let t=sum(ss)/n print t if t&gt;0.5   note distribusi data multinormal endif if t&lt;=0.5   note distribusi data bukan multinormal endif endmacro </pre>
--	--



## Lampiran L : Macro *Minitab* Nilai K untuk Kapabilitas Proses

### Fase 1

```
macro
k1 x.1-x.p
mconstant n i
mcolumn x.1-x.p vek.1-vek.216
mmatrix am1 am2 am3 am4 am5
am6 mm mtt mvek mvekt k1
```

```
noecho
let n=count(x.1)
define 0 1 1 k1
```

```
copy x.1-x.p am1
trans am1 am2
mult am2 am1 am3
inve am3 am4
copy x.1-x.p mm
trans mm mtt
copy mtt vek.1-vek.216
```

```
do i=1:n
copy vek.i mvek
trans mvek mvekt
mult mvekt am4 am5
mult am5 mvek am6
add k1 am6 k1
enddo
print k1
endmacro
```

### Fase 2

```
macro
k1 x.1-x.p
mconstant n i
mcolumn x.1-x.p vek.1-vek.128
mmatrix am1 am2 am3 am4 am5
am6 mm mtt mvek mvekt k1
```

```
noecho
let n=count(x.1)
define 0 1 1 k1
```

```
copy x.1-x.p am1
trans am1 am2
mult am2 am1 am3
inve am3 am4
copy x.1-x.p mm
trans mm mtt
copy mtt vek.1-vek.128
```

```
do i=1:n
copy vek.i mvek
trans mvek mvekt
mult mvekt am4 am5
mult am5 mvek am6
add k1 am6 k1
enddo
print k1
endmacro
```

## Lampiran M : Macro *Minitab* Nilai A untuk Kapabilitas Proses

### Fase 1

macro	trans am1 am2
cova x.1-x.p	mult am2 am1 am3
mconstant n i c.1-c.p k2 k chi cp A	inve am3 ainv
mcolumm x.1-x.p b.1-b.p vek.1-	print ainv
vek.216 cm1 sbr	copy b.1-b.p mm
mmatrix am1 am2 am3 ainv am5	trans mm mtt
am6 mm mtt mvek mvekt s cm2	copy mtt vek.1-vek.216
cm3 cm4 vo vain	do i=1:n
noecho	copy vek.i mvek
let n=count(x.1)	trans mvek mvekt
define 0 1 1 s	mult mvekt ainv am5
print s	mult am5 mvek am6
do i=1:p	add s am6 s
let b.i=x.i-mean(x.i)	print i s
enddo	enddo
copy x.1-x.p am1	print s
cova x.1-x.p vo	copy s sbr
print vo	print sbr
inve vo vain	copy sbr A
print vain	print A
	endmacro

## Lampiran M : Lanjutan

### Fase 2

macro	rans am1 am2
cova x.1-x.p	mult am2 am1 am3
mconstant n i c.1-c.p k2 k chi cp A	inve am3 ainv
mcolum x.1-x.p b.1-b.p vek.1-	print ainv
vek.128 cm1 sbr	copy b.1-b.p mm
mmatrix am1 am2 am3 ainv am5	trans mm mtt
am6 mm mtt mvek mvekt s cm2	copy mtt vek.1-vek.128
cm3 cm4 vo voin	do i=1:n
noecho	copy vek.i mvek
let n=count(x.1)	trans mvek mvekt
define 0 1 1 s	mult mvekt ainv am5
print s	mult am5 mvek am6
do i=1:p	add s am6 s
let b.i=x.i-mean(x.i)	print i s
enddo	enddo
copy x.1-x.p am1	print s
cova x.1-x.p vo	copy s sbr
print vo	print sbr
inve vo voin	copy sbr A
print voin	print A
	endmacro

**Lampiran N : Ouput SPSS MANOVA Dan Box's M Test****Multivariate Tests<sup>a</sup>**

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	1,000	343077,690 <sup>b</sup>	3,000	340,000	,000
	Wilks' Lambda	,000	343077,690 <sup>b</sup>	3,000	340,000	,000
	Hotelling's Trace	3027,156	343077,690 <sup>b</sup>	3,000	340,000	,000
	Roy's Largest Root	3027,156	343077,690 <sup>b</sup>	3,000	340,000	,000
	Pillai's Trace	,074	9,083 <sup>b</sup>	3,000	340,000	,000
Fase	Wilks' Lambda	,926	9,083 <sup>b</sup>	3,000	340,000	,000
	Hotelling's Trace	,080	9,083 <sup>b</sup>	3,000	340,000	,000
	Roy's Largest Root	,080	9,083 <sup>b</sup>	3,000	340,000	,000

a. Design: Intercept + Fase

b. Exact statistic

### Lampiran O : Konversi Sigma ke DPMO

NO	Peningkatan Kualitas	Kapabilitas Proses (Cp)	DPMO
1	3,00 sigma	1,00	66.807
2	3,10 sigma	1,03	54.799
3	3,20 sigma	1,07	44.565
4	3,30 sigma	1,10	35.930
5	3,40 sigma	1,13	28.717
6	3,50 sigma	1,17	22.750
7	3,60 sigma	1,20	17.865
8	3,70 sigma	1,23	13.904
9	3,80 sigma	1,27	10.724
10	3,90 sigma	1,30	8.198
11	4,00 sigma	1,33	6.210
12	4,10 sigma	1,37	4.661
13	4,20 sigma	1,40	3.467
14	4,30 sigma	1,43	2.555
15	4,40 sigma	1,47	1.866
16	4,50 sigma	1,50	1.350
17	4,60 sigma	1,53	968
18	4,70 sigma	1,57	687
19	4,80 sigma	1,60	483
20	4,90 sigma	1,63	337
21	5,00 sigma	1,67	233
22	5,10 sigma	1,70	159
23	5,20 sigma	1,73	108
24	5,30 sigma	1,77	72
25	5,40 sigma	1,80	48
26	5,50 sigma	1,83	32
27	5,60 sigma	1,87	21
28	5,70 sigma	1,90	13
29	5,80 sigma	1,93	9
30	5,90 sigma	1,97	5
31	6,00 sigma	2,00	3

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan pada tanggal 8 Oktober 1992 di Surabaya, Jawa Timur, Indonesia dengan nama Ida Nurul Qomariyah biasanya dipanggil Ida atau idul. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis sebelum memasuki dunia perkuliahan yaitu MI Tanada Sidoarjo, SMP Al-Falah Tropodo dan SMA Negeri 1 Waru-Sidoarjo.

Pada tahun 2010, penulis meneruskan pendidikan di Diploma III dan dilanjutkan ke jenjang Lintas Jalur Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 1313 105 031. Selama perkuliahan, penulis berpartisipasi dalam berbagai kepanitiaan dan organisasi salah satunya Divisi Professional Statistics dan Koperasi mahasiswa Dr. Angka. Penulis juga pernah menjabat sebagai staff Personalia dan Asisten direktur di Koperasi Mahasiswa Dr. Angka ITS pada tahun 2011-2012. Penulis juga mempunyai berbagai macam pengalaman kerja sebagai surveyor maupun entrier. Apabila pembaca ingin berdiskusi mengenai tugas akhir ini dan/atau materi lain yang berhubungan, penulis dapat dihubungi melalui email : [idanurulqomariyah@gmail.com](mailto:idanurulqomariyah@gmail.com)